

Aus der Kurklinik Lautergrund der LVA Berlin
in Schwabthal/Ofr.
(Ärztl. Direktor: Professor Dr. Dr. C. D. Bloedner)

Das Verhalten der Blutgaswerte
(pO_2 , SAT, pCO_2 , pH)
und der Resistance acht bis fünfzehn Jahre
nach Lungenteilresektion

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Matthias Dreyer
aus Rahden

1984

1984 # 149



Aus der Kurklinik Lautergrund der LVA Berlin
in Schwabthal/Ofr.
(Ärztl. Direktor: Professor Dr. Dr. C. D. Bloedner)

**Das Verhalten der Blutgaswerte
(pO₂, SAT, pCO₂, pH)
und der Resistance acht bis fünfzehn Jahre
nach Lungenteilresektion**

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Matthias Dreyer
aus Rahden

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf
Referent: Prof. Dr.Dr. C.D. Bloedner
Korreferent: Prof. Dr. L. Demling
Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.1984

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabe und Methode	Seite 1
2.	Beschreibung des untersuchten Kranken- gutes	Seite 3
3.	Auflistung der Ergebnisse	Seite 6
3.1.	Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes (pO_2) in Ruhe	Seite 6
3.1.1.	Definition und Normalwerte	
3.1.2.	Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes im Gesamtkollektiv	
3.1.3.	Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente	
3.1.4.	Verhalten des pO_2 - bezogen auf das Alter	
3.1.5.	Verhalten des pO_2 - bezogen auf die Höhe der Resistance	
3.1.6.	Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen	
3.2.	Das Verhalten der arteriellen Sauerstoff- sättigung (SAT) nach Lungenteilresektion	Seite 19
3.2.1.	Definition und Normalwerte	
3.2.2.	Verhalten der SAT im Gesamtkollektiv	
3.2.3.	Das Verhalten der SAT - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente	
3.2.4.	Das Verhalten der Sauerstoffsättigung (SAT) - bezogen auf das Alter bei Nachuntersuchung	

- 3.2.5. Das Verhalten der SAT - bezogen auf die
Höhe der Resistance
- 3.2.6. Das Verhalten der Sauerstoffsättigung -
bezogen auf das Vorhandensein von Residuen
- 3.3. Das Verhalten des arteriellen Kohlendioxid-
partialdruckes ($p\text{CO}_2$) bei Lungenteilre-
sektion Seite 30
- 3.3.1. Definition und Normalwerte
- 3.3.2. Verhalten des $p\text{CO}_2$ im Gesamtkollektiv
- 3.3.3. Verhalten des art. $p\text{CO}_2$ - bezogen auf die
Zahl der resezierten Segmente
- 3.3.4. Das Verhalten des $p\text{CO}_2$ - bezogen auf das
Alter
- 3.3.5. Das Verhalten des arteriellen $p\text{CO}_2$ - be-
zogen auf die Höhe der Resistance (R)
- 3.3.6. Das Verhalten des $p\text{CO}_2$ - bezogen auf das
Vorhandensein von Residuen
- 3.4. Das Verhalten des Blut-pH bei Lungenteil-
resektion Seite 41
- 3.4.1. Bedeutung des pH-Wertes für den Organis-
mus, Regulationsmechanismen und Normal-
werte
- 3.4.2. Verhalten des pH-Wertes im untersuchten
Kollektiv
- 3.5. Das Verhalten der Resistance bei Lungen-
teilresektion Seite 44

3.5.1.	Definition und Normalwerte	
3.5.2.	Das Verhalten der Resistance im Gesamt- kollektiv	
3.5.3.	Das Verhalten der Resistance - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente	
3.5.4.	Das Verhalten der Resistance - bezogen auf das Alter zum Zeitpunkt der Nach- untersuchung	
3.5.5.	Das Verhalten der Resistance - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen	
4.	Diskussion	Seite 53
4.1.	Sauerstoffpartialdruck	
4.2.	Sauerstoffsättigung	
4.3.	Kohlendioxidspeannung	
4.4.	pH-Wert	
4.5.	Resistance	
5.	Zusammenfassung	Seite 65
6.	Literaturverzeichnis	Seite 68



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546217_0084

Die chirurgische Behandlung des peripheren Bronchial-Carcinoms, der Bronchiektasen und auch der Tuberkulose kann in einer Teilresektion bestehen. Unabhängig von dem Verhalten der Ventilationsgrößen nach dem Parenchymverlust interessieren in diesem Zusammenhang die Blutgasanalysen sowie das Verhalten der Resistance mehrere Jahre nach dem Eingriff.

1. Aufgabe und Methode

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die jeweils unter Ruhebedingungen untersuchten Parameter kritisch beurteilt werden, und zwar:

1. die arterielle Sauerstoffspannung (pO_2),
2. die arterielle Sauerstoffsättigung (SAT),
3. die arterielle Kohlendioxydspannung (pCO_2),
4. der Blut pH-Wert,
5. der Atemwegswiderstand (Resistance).

Aus diesem Grund werden die entsprechenden Werte, die bei der Nachuntersuchung eines Kollektivs von 125 lungenteilresezierten Patienten ermittelt wurden, mit altersentsprechenden Normalwerten verglichen. Eine Gegenüberstellung praeoperativ gewonnener Daten sowie eine Verlaufskontrolle über den unmittelbaren Zeitraum nach der Operation war leider nicht möglich, da praeoperative Blutgasbestimmungen sowie Analysen der Atemmechanik zum damaligen Zeit-

punkt (1958-1967) noch nicht zu den Routineuntersuchungen vor diesen Operationen gehörten.

Die 8-15 Jahre postoperativ ermittelten Parameter wurden nach folgenden Kriterien beurteilt:

1. der Zahl der resezierten Segmente,
2. dem Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung
(Gruppe 1 : 20-40 Jahre; Gruppe 2 : 41-60 Jahre;
Gruppe 3 : älter als 60 Jahre) sowie dem Alter
zum Zeitpunkt der Operation,
3. der Höhe der Resistance (Gruppe 1 : Resistance
kleiner $3,6 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$; Gruppe 2 : Resistance
zwischen $3,6$ und $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$; Gruppe 3 :
Resistance größer als $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$),
4. dem Vorhandensein von Residuen verschiedener
Lokalisation.

Die postoperativen Untersuchungen der Patienten, die hauptsächlich wegen eines chemotherapieresistenten tuberkulösen Geschehens operiert worden waren, fanden 8-15 Jahre postoperativ (im Mittel 11,9 Jahre) in der lungenphysiologischen Untersuchungsstelle der LVA-Hauptverwaltung in Berlin statt.

Die Blutgaswerte wurden bei 123 dieser Patienten am arterialisierten Kapillarblut mit dem "COMBI-ANALYSATOR" der Fa. Eschweiler untersucht. Die Untersuchung der Resistance wurde bei 120 Patienten des Kollektivs am "BODYPLETHYSMOGRAPH" der Fa. Fenyves vorgenommen.

Die Normalwerte für pO_2 , pCO_2 , pH und Resistance wurden aus ULMER, REICHEL, NOLTE "Die Lungenfunktion" (2. Auflage 1976), derjenige für die Sauerstoffsättigung aus BÜHLMANN, FROESCH "Pathophysiologie" (3. Auflage 1976) entnommen.

Eine Untersuchung über das Verhalten der Ventilationsgrößen mehrere Jahre nach Lungenteilresektion an Krankengut aus derselben Klinik wurde bereits veröffentlicht (BLOEDNER).

2. Beschreibung des untersuchten Krankengutes

Die Patienten des untersuchten Kollektivs, die bis zu 15 Jahren postoperativ beobachtet werden konnten, gehören einer Serie von 500 Lungenteilresektionen an, die aufgrund verschiedener Indikationen in der ehemaligen Heilstätte Schwabthal (jetzt Kurklinik Lautergrund in Schwabthal) während der Jahre 1958-1967 durchgeführt worden waren. Da alle diese Patienten in der gleichen Stadt (Westberlin) wohnten und derselben Versicherung (IVA) angehörten, war ihre Erfassung nach sovielen Jahren überhaupt möglich.

Es handelt sich um 23 weibliche und 102 männlich Patienten aller Altersklassen. Aufgrund der geringen Fallzahl und der ohnehin nicht relevanten Unterschiede der untersuchten Parameter bei Männern und Frauen kann auf eine Unterscheidung in Bezug auf das Geschlecht im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden.

Alle untersuchten Patienten haben nach der Operation in den verschiedensten Berufen weitergearbeitet (siehe auch BLOEDNER).

Zum Zeitpunkt der Operation betrug das Durchschnittsalter der Patienten 35,7 Jahre, wobei der älteste Patient 61, der jüngste 16 Jahre alt war.

Das Durchschnittsalter bei der Nachuntersuchung lag bei 47,5 Jahren. Der jüngste Patient war jetzt 26, der älteste 72 Jahre alt.

Altersmäßig wurde das Krankengut in drei Gruppen eingeteilt, wobei vom Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ausgegangen wurde. Die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation wird in nachfolgender Tabelle in Klammern angeführt.

Tabelle 1 : Altersverteilung bei Nachuntersuchung

Alter 20-40 Jahre (16-31 Jahre) : 44 Patienten

Alter 41-60 Jahre (28-51 Jahre) : 60 Patienten

Alter über 60 Jahre (46-61 Jahre) : 21 Patienten

Die tuberkulösen Prozesse waren bei den Patienten unseres Kollektivs hauptsächlich im rechten und linken Oberlappen lokalisiert, bei einem leichten Überwiegen der Lokalisation auf der rechten Seite. Dies entspricht auch dem zu erwartenden typischen Befall der Lunge im Rahmen einer postprimären Streuung. Dementsprechend wurden am häufigsten

die Segmente 1 mit 3 rechts und links entfernt. Über die Häufigkeit der Resektion einzelner Segmente gibt Tabelle 2 Auskunft.

Tabelle 2 : Häufigkeitsverteilung der resezierten Segmente

Segment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
re. Lunge	50	49	38	4	2	10	1	1	2	2
li. Lunge	41	48	22	7	5	10	-	3	1	1

Das Ausmaß der Resektion verteilte sich wie folgt:

Resektion von 1 Segment : 42 mal

Resektion von 2 Segmenten : 22 mal

Resektion von 3 Segmenten : 44 mal

Resektion von 4 Segmenten : 8 mal

von mehr als 4 Segmenten : 9 mal

Eine Unterscheidung in Segmentresektionen und Lobektomien wurde nicht getroffen, wobei davon ausgegangen wird, daß zum Beispiel eine Resektion der Segmente 1 mit 3 links in Bezug auf den Volumenverlust einer Resektion des Oberlappens rechts entspricht. Dabei besteht durchaus die Gewissheit, daß von Seiten der Operationstechnik und der postoperativen Komplikationsmöglichkeiten sehr wohl Unterschiede zwischen Lobektomie und Segmentresektion vorhanden sind. Die Lösung einzelner Segmente aus dem Verband des Lungenparenchyms läßt natürlich eher eine Pleurasynchie erwarten als die Abtra-

gung eines primär isolierten Lappens. Dennoch bestehen gar nicht einmal so selten auch zwischen z.B. dem rechten Ober- und Mittellappen parenchymatöse Brücken, die auch bei einer Lobektomie durchtrennt werden müssen. In solchen Fällen liegen dann die gleichen Gegebenheiten wie bei einer Segmentresektion vor.

3. Auflistung der Ergebnisse

Im Einzelnen kamen wir zu folgenden Ergebnissen, die in Abschnitt 4 ausführlich diskutiert werden :

3.1. Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes (pO_2) in Ruhe

3.1.1. Definition und Normalwerte

Der arterielle Sauerstoffpartialdruck ist derjenige Gasdruck, der dem im arteriellen Blut gelösten Anteil des Sauerstoffs entspricht. Beim Verlassen der Alveole ist der Partialdruck der im Kapillarblut gelösten Gase weitgehend den Verhältnissen in der Alveolarluft gleichzusetzen, d.h. der pO_2 im arterialisierten Blut beträgt im Idealfall etwa 100 mm Hg.

Der Sauerstoffpartialdruck ist abhängig von :

- der Zusammensetzung der Atemluft,
- der Verteilung der Luft in der Lunge,
- der Kontaktzeit,
- etwaigen obstruktiven und restriktiven Veränderungen,
- der zur Verfügung stehenden Diffusionsfläche,
- der Diffusionskapazität,
- der Perfusion der Lungenkapillaren.

Im Laufe des Lebens nimmt der Wert des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes kontinuierlich ab, da sich leichtere obstruktive, ventilatorische und hämodynamische Inhomogenitäten (z.B. die Entwicklung eines Altersemphysems) immer stärker bemerkbar machen.

Dieser Altersabhängigkeit des Parameters Sauerstoffpartialdruck muß auch bei der Festlegung von Soll- und Grenzwerten Rechnung getragen werden.

Als Sollwerte sind die an einem ausreichend großen, altersgleichen gesunden Vergleichskollektiv gewonnenen Durchschnittswerte anzusehen. Mit ULMER, REICHEL, NOLTE gehen wir von folgenden Sollwerten aus:

Alter bis zu 20 Jahren : 94 mm Hg

Alter bis zu 40 Jahren : 89 mm Hg

Alter bis zu 60 Jahren : 83 mm Hg

Alter bis zu 70 Jahren : 81 mm Hg

Nach unten wird der Normbereich gegen die pathologischen Werte durch die sogenannten Grenzwerte abgegrenzt. Oben genannte Autoren geben hierzu folgende Werte an:

Alter bis zu 20 Jahren : 80 mm Hg

Alter bis zu 40 Jahren : 75 mm Hg

Alter bis zu 60 Jahren : 69 mm Hg

Alter bis zu 70 Jahren : 67 mm Hg

3.1.2. Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes im Gesamtkollektiv

Für das untersuchte Kollektiv der lungenteilresezierten Patienten liegt der Mittelwert des Sauerstoffpartialdruckes

bei 75,9 mm Hg (Standardabweichung $s=10,36$). Berücksichtigt man das Durchschnittsalter der Patienten von 47,3 Jahren, so liegt dieser Wert im Normbereich. Der maximal für den pO_2 gemessene Wert betrug 99 mm Hg, der niedrigste Wert lag bei 53 mm Hg. Insgesamt wurden in 43 Fällen pathologisch erniedrigte Werte des pO_2 ermittelt.

3.1.3. Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes-bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente

Das Krankengut wurde, je nach Zahl der resezierten Segmente, in 5 Gruppen unterteilt. Die ermittelten Werte des Sauerstoffpartialdruckes lagen im Durchschnitt alle im Normbereich - jeweils bezogen auf das Durchschnittsalter der Patienten der einzelnen Gruppen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung - ,und zwar zumeist im unteren Drittel desselben. Für alle Gruppen ließen sich sowohl stark pathologische Abweichungen als auch "übernormale" Werte des Sauerstoffpartialdruckes finden.

Ein Einfluß des Umfanges der Teilresektion macht sich allenfalls bei ausgedehnten Resektionen (mehr als 3 Segmente) bemerkbar.

Die einzelnen Werte können Tabelle 3 (S. 9) entnommen werden.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	pO ₂	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
1 Segment	42	34,2	45,8	76,4	9,95	53,0	99,0
2 Segmente	22	37,7	49,6	78,6	12,65	53,0	99,0
3 Segmente	42	36,3	48,3	75,5	9,99	57,0	94,3
4 Segmente	8	32,6	44,4	71,3	8,12	60,0	88,0
mehr als 4 Segmente	9	34,2	46,0	73,7	9,59	61,0	93,0
	<u>123</u>						

Tab. 3 : Verhalten des pO₂ - bezogen auf die Zahl der reseziierten Segmente

Graphische Darstellung siehe Abb. 1 (S. 10)

3.1.4. Verhalten des pO₂ - bezogen auf das Alter

Da der Sauerstoffpartialdruck einen altersabhängigen Parameter darstellt, wurden die Patienten 3 Altersgruppen zugeordnet:

Gruppe 1 : Alter 20-40 Jahre

Gruppe 2 : Alter 41-60 Jahre

Gruppe 3 : Alter über 60 Jahre.

Die Altersangaben beziehen sich auf das Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Bei der Operation waren die Patienten im Durchschnitt 12 Jahre jünger

pO₂-bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente

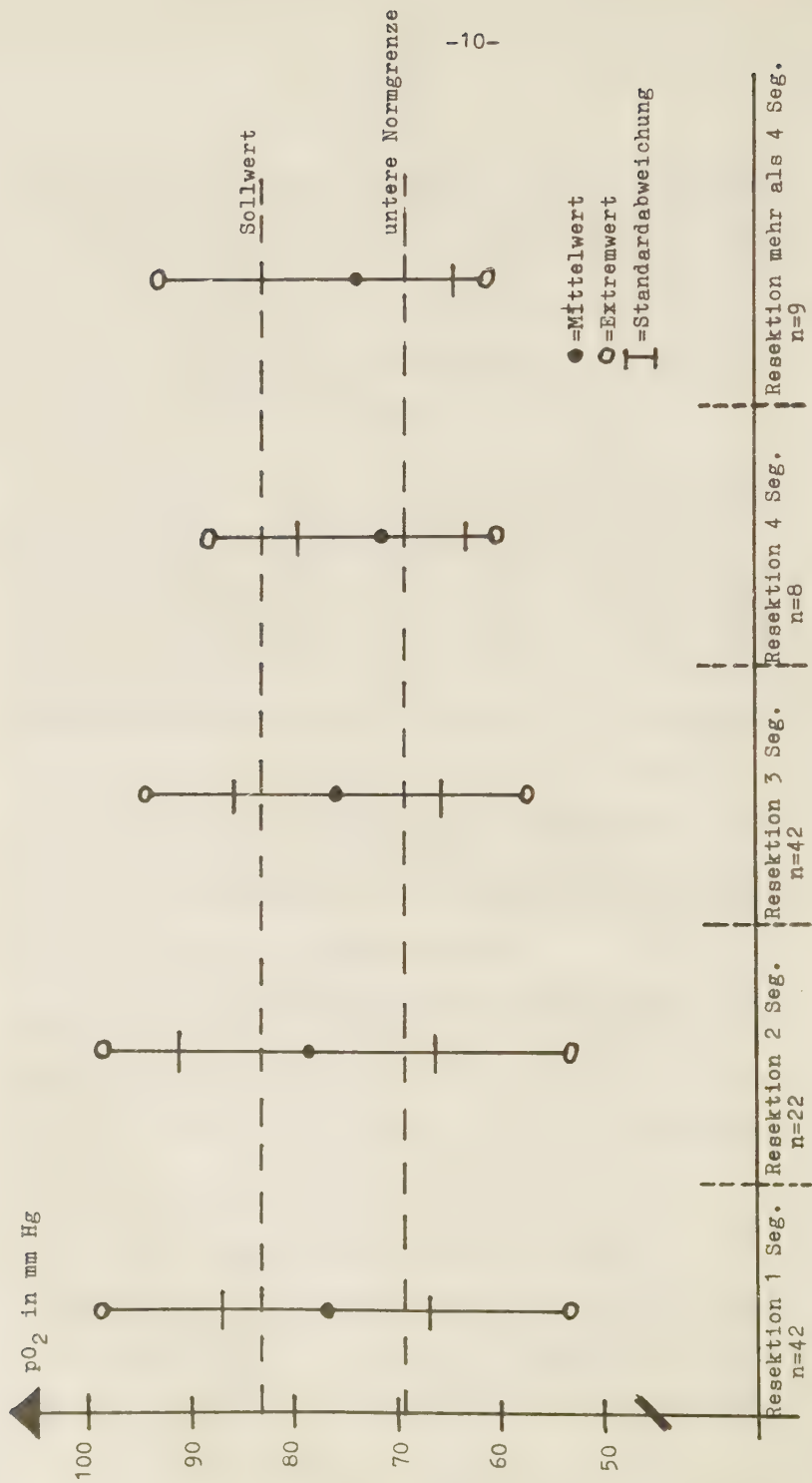


Abb. 1

Es zeigt sich wie erwartet ein Absinken der Mittelwerte des Sauerstoffpartialdruckes mit zunehmendem Alter. Die Durchschnittswerte lagen allesamt im altersentsprechenden Normbereich. Die altersgemäßen Sollwerte wurden jedoch zu- meist nicht erreicht.

In allen Altersgruppen waren sowohl "übernormale" als auch pathologische Werte in der gleichen Schwankungs- breite anzutreffen. Jedoch findet sich bei Patienten, die bei der Operation älter als 30 Jahre waren ein höherer Prozentsatz an pathologischen Werten des pO_2 , so daß ein Einfluß des Alters zum Zeitpunkt der Operation auf die postoperative Entwicklung des Sauerstoffpartialdruckes anzunehmen ist.

Einzelne Werte siehe Tabelle 4.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	pO_2	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Gruppe 1	44	22,4	34,3	79,1	9,25	62,4	98,9
Gruppe 2	60	39,0	50,6	75,0	9,62	53,0	96,0
Gruppe 3	<u>19</u>	52,8	64,8	71,4	13,05	53,0	98,2

123

Tab. 4 : Verhalten des pO_2 - bezogen auf das Alter
Graphische Darstellung siehe Abb. 2 (S. 12)

3.1.5. Verhalten des pO_2 - bezogen auf die Höhe der Resistance

Um herauszufinden ob eine Abhängigkeit zwischen dem arteriellen pO_2 und der Höhe der Resistance besteht, unterteilten wir das Krankengut wie folgt :

Gruppe 1 : Resistance kleiner $3,6 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$

Gruppe 2 : Resistance zwischen $3,6$ und $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$

Gruppe 3 : Resistance größer $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$

Für erwachsene Personen gilt als oberer Grenzwert einer physiologischen Resistance ein Wert von $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ (ULMER, REICHEL, NOLTE). Wir legten zusätzlich einen Übergangsbereich von $3,6$ bis $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ zu den sicher pathologischen Werten fest. Die Mittelwerte des Sauerstoffpartialdruckes lagen für die einzelnen Gruppen - jeweils bezogen auf das Durchschnittsalter der Gruppe - im Bereich der Norm. Der für Gruppe 2 errechnete Mittelwert entsprach mit $80,5 \text{ mm Hg}$ in etwa dem Sollwert (83 mm Hg nach ULMER, REICHEL, NOLTE), während die Durchschnittswerte in den beiden anderen Gruppen im unteren Drittel des Normbereichs lagen. Pathologische Abweichungen sowie "übernormale" Werte wurden in allen drei Gruppen gleichermaßen erzielt.

Eine Abhängigkeit des pO_2 in Ruhe von der Höhe der Resistance fanden wir nicht.

Einzelne Werte siehe Tabelle 5.(S.14)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	pO ₂	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Gruppe 1	69	34,9	46,8	74,8	9,24	53,0	98,9
Gruppe 2	31	34,2	43,9	80,5	10,45	61,0	98,9
Gruppe 3	18	43,2	55,9	72,8	13,14	53,0	98,2
	118						

Tab.5 : Verhalten des pO₂ - bezogen auf die Resistance
Graphische Darstellung siehe Abb. 3. (S. 15)

3.1.6. Verhalten des Sauerstoffpartialdruckes - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen

Nach Lungenteilresektionen lassen sich Pleurasynechien im Operationsbereich nicht vermeiden. Diese - als Residuen bezeichneten narbigen Restzustände - können die Atemmechanik je nach Ausdehnung unterschiedlich beeinflussen.

Im Folgenden soll untersucht werden, ob eine Abhängigkeit des Sauerstoffpartialdruckes von eventuell ausgebildeten Residuen besteht. Wir haben zwischen apikalen, lateralen und basalen Residuen unterschieden, wobei wir alle Möglichkeiten der Kombination berücksichtigten. Die Patienten wurden den entsprechenden Gruppen zugeordnet.

Weiterhin wurde für die einzelnen Gruppen errechnet, wieviele Segmente im Mittel reseziert wurden, um eine etwaige Abhängigkeit der Ausbildung von Residuen vom Umfang der Resektion zu erfassen.

pO₂-bezogen auf die Resistance

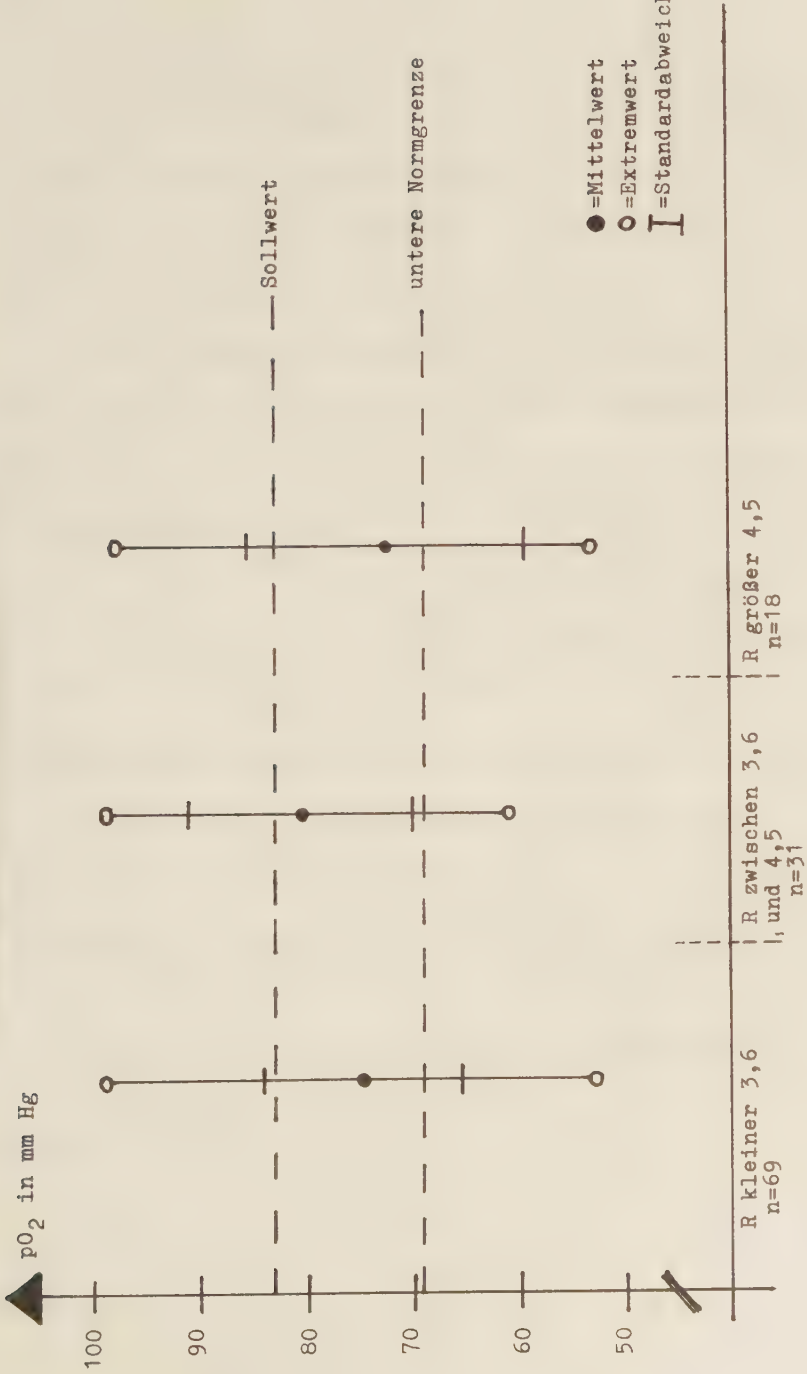


Abb. 3

Die Mittelwerte des Sauerstoffpartialdruckes lagen in den einzelnen Gruppen im Bereich der Norm.

Lediglich bei den Patienten, die eine Kombination von lateralen und basalen bzw. apicalen, lateralen und basalen Residuen aufwiesen, lag der pO_2 im Durchschnitt niedriger als in den übrigen Gruppen. Allerdings muß auf die geringen Fallzahlen dieser beiden Gruppen hingewiesen werden.

Erwähnenswert erscheint, daß in der Gruppe von 24 Patienten, bei denen röntgenologisch keine Residuen nachgewiesen worden waren, der Mittelwert des pO_2 niedriger lag als in den meisten Gruppen von Patienten, die Residuen verschiedener Lokalisation aufwiesen.

Andererseits konnten lediglich bei 9 der 43 Patienten mit pathologisch erniedrigten Werten des pO_2 Residuen ausgeschlossen werden.

Hieraus läßt sich folgern, daß das Auftreten von Residuen verschiedener Lokalisation allein das postoperative Verhalten des pO_2 offenbar nicht beeinflußt. Jedoch scheinen Residuen im Zusammenwirken mit anderen Faktoren das Auftreten pathologischer Werte des Sauerstoffpartialdruckes zu begünstigen.

Einzelne Werte siehe Tabelle 6. (S. 17)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	pO ₂	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert	Zahl der res. Segmente
apicale Res.	43	31,6	44,2	76,3	10,53	53,0	98,9	2,46
laterale Res.	5	32,6	44,2	75,8	7,68	68,9	89,0	3,2
basale Res.	18	41,7	52,2	76,7	11,84	60,0	95,0	2,38
ap. + lat. Res.	9	40,4	52,4	79,7	10,36	63,4	94,3	2,33
ap. + bas. Res.	11	36,5	48,5	79,0	12,12	63,0	98,2	2,63
lat. + bas. Res.	7	36,4	46,7	70,2	8,07	61,0	82,5	2,57
ap. + lat. + bas. Res.	6	45,0	56,2	73,0	7,54	66,0	83,0	2,0
keine Res.	<u>24</u>	33,5	45,3	74,3	9,82	53,0	98,9	1,95
	123							

Tab. 6 : Verhalten des pO₂ - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen

Graphische Darstellung siehe Abb. 4 (S. 18)

pO₂ - bezogen auf vorhandene Residuen

pO₂ in mm Hg

100

90

80

70

60

50

-18-

Sollwert

untere Normgrenze

● = Mittelwert

○ = Extremwert

I = Standardabweichung

keine Res.
n=24

ap.+lat.
bas. Res.
n=6

lat.+bas.
Res.
n=7

ap.+bas.
Res.
n=11

ap.+lat.
Res.
n=9

bas. Res.
n=18

lat. Res.
n=5

ap. Res.
n=43

3.2. Das Verhalten der arteriellen Sauerstoffsättigung (SAT) nach Lungenteilresektion

3.2.1. Definition und Normalwerte

Die Sauerstoffsättigung des arterialisierten Blutes gibt denjenigen Anteil des im Blut befindlichen Hämoglobins in Prozent an, der nach Passage des Lungenkreislaufes mit Sauerstoff abgesättigt ist. Im Idealfall liegt dieser Wert bei 100 %. Normale Sauerstoffaffinität des Hämoglobins vorausgesetzt, ist die arterielle Sauerstoffsättigung hauptsächlich von der Beimengung venösen Blutes, d.h. vom Vorhandensein arteriovenöser Shunts abhängig. Aber auch die Perfusion der einzelnen Lungenabschnitte, die Kontaktzeit, die Diffusionskapazität, sowie in geringem Umfang der alveoläre Sauerstoffpartialdruck spielen eine Rolle.

Als untere Normgrenze der arteriellen Sauerstoffsättigung haben wir nach BUEHLMANN und FROESCH 95 % angenommen.

3.2.2. Verhalten der SAT im Gesamtkollektiv

Bei der Betrachtung des Gesamtkollektivs findet sich ein Mittelwert der arteriellen Sauerstoffsättigung von 93,8 % (Standardabweichung 2,16). In 74 der 123 Fälle, bei denen Blutgasanalysen vorgenommen wurden, ist die untere Grenze von 95 % unterschritten. Bei 37 dieser Patienten wurden 3 und mehr Segmente entfernt, wobei es in 30 Fällen auch zur Ausbildung pleuraler Residuen kam. Bei weiteren

28 Patienten konnte die Ausbildung teilweise massiver Residuen nachgewiesen werden.

Der ermittelte Maximalwert betrug im Gesamtkollektiv 98 %, der Minimalwert 88 %.

3.2.3. Das Verhalten der SAT - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente

Um eine mögliche Abhängigkeit der arteriellen Sauerstoffsättigung vom Umfang der Resektion zu erfassen, wurden die Patienten je nach Ausmaß der Resektion entsprechenden Gruppen zugeteilt.

Der Durchschnittswert der SAT war in allen Gruppen unter die Normgrenze von 95 % erniedrigt. Die Abweichung von der Norm war dabei in allen Gruppen etwa gleich groß. Ein Einfluß der Größe des Parenchymverlustes auf die Höhe der SAT wurde nicht festgestellt. Einzelne Werte siehe Tabelle 7.(S. 21)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	SAT	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
1 Segment	42	34,2	45,8	93,8	2,1	89,0	98,0
2 Segmente	22	37,7	49,6	94,3	2,16	89,0	98,0
3 Segmente	42	36,3	48,3	93,7	2,1	89,0	98,0
4 Segmente	8	32,6	44,4	92,9	2,9	88,0	98,0
mehr als 4 Segmente	9	34,2	46,0	93,6	2,12	90,0	97,0

123

Tab. 7: Verhalten der SAT - bezogen auf die Zahl der
resezierten Segmente

Graphische Darstellung siehe Abb. 5 (S. 22)

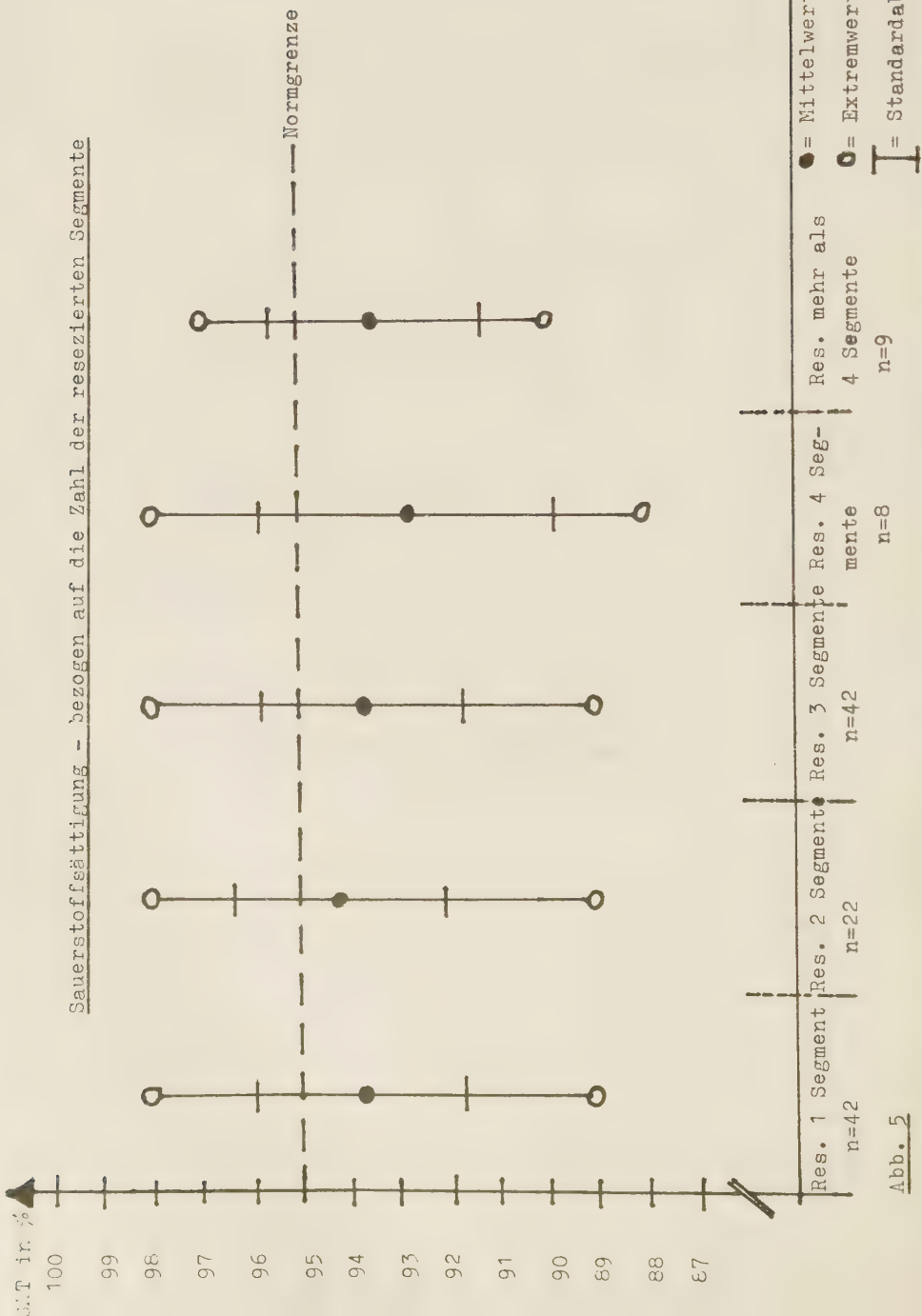


Abb. 5

3.2.4. Das Verhalten der Sauerstoffsättigung (SAT) -
bezogen auf das Alter bei Nachuntersuchung

Der Mittelwert der SAT war in allen Altersgruppen unter 95 % erniedrigt. Auffällig war ein Absinken der SAT mit zunehmendem Alter. Die Abnahme der SAT betrug etwa 1 Prozentpunkt pro Altersstufe.

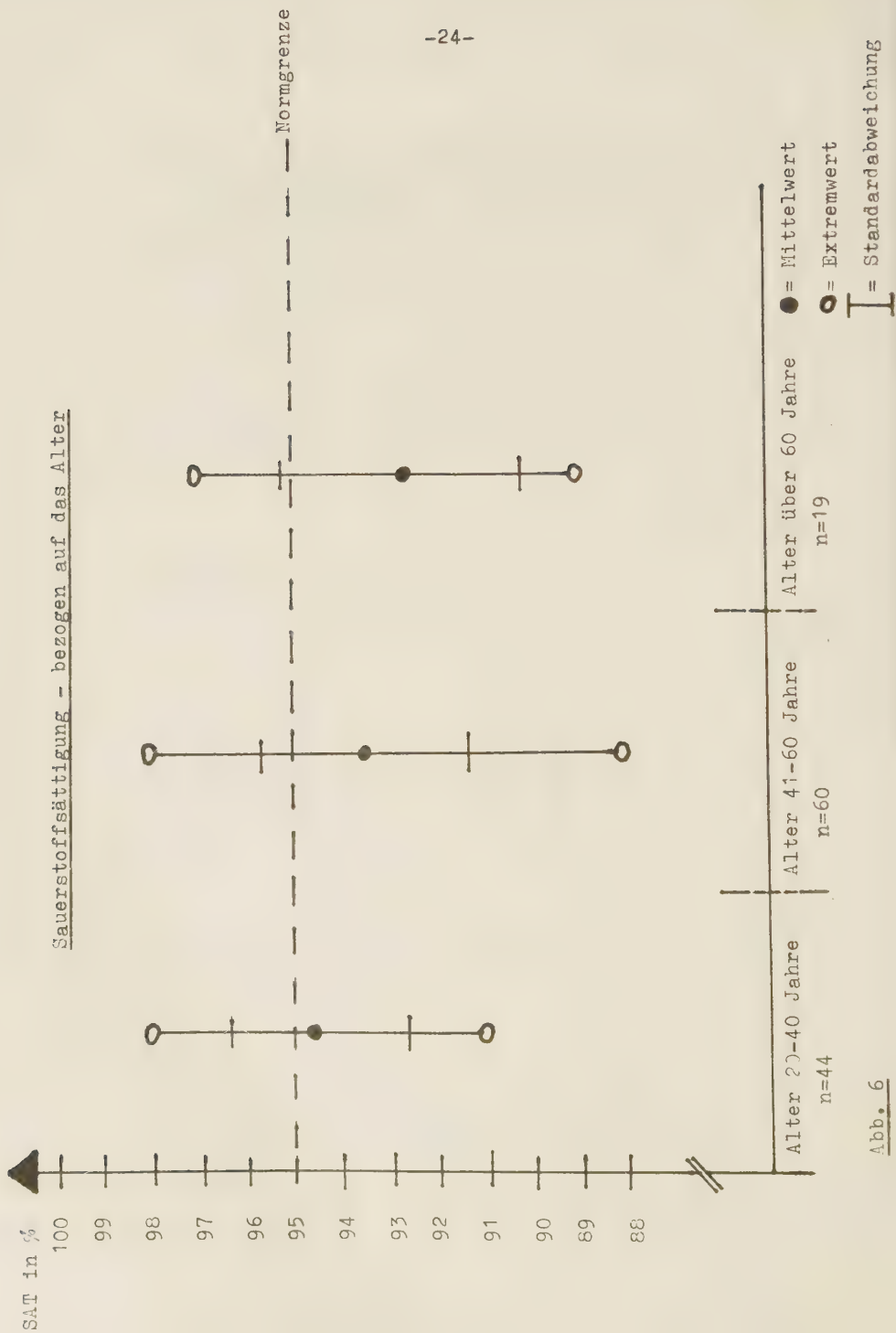
Die Ergebnisse lassen eine Abhängigkeit der postoperativen Höhe der SAT vom Alter bei der Lungenteilresektion annehmen.

Einzelne Werte siehe Tabelle 8.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	SAT	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Gruppe 1 20-40 J.	44	22,4	34,3	94,6	1,74	91,0	98,0
Gruppe 2 41-60 J.	60	39,0	50,6	93,5	2,16	88,0	98,0
Gruppe 3 über 60 J.	19	52,8	64,8	92,7	2,47	89,0	97,0
	123						

Tab. 8: Verhalten der SAT - bezogen auf das Alter

Graphische Darstellung siehe Abb. 6. (S. 24)



3.2.5. Das Verhalten der SAT - bezogen auf die Höhe der Resistance

Die arterielle Sauerstoffsättigung war in allen Gruppen unter 95 % erniedrigt. Einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Resistance und der SAT fanden wir nicht.

Einzelne Werte siehe Tabelle 9.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	SAT	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Res. kl. 3,5	69	34,9	46,8	93,6	2,14	88,0	98,0
Res. zw. 3,6 u. 4,5	31	32,4	43,9	94,4	1,84	90,0	98,0
Res. gr. 4,5	18	43,2	55,9	93,1	2,72	89,0	98,0
	118						

Tab. 9: Verhalten der SAT - bezogen auf die Höhe der Resistance

Graphische Darstellung siehe Abb. 7. (S. 26)

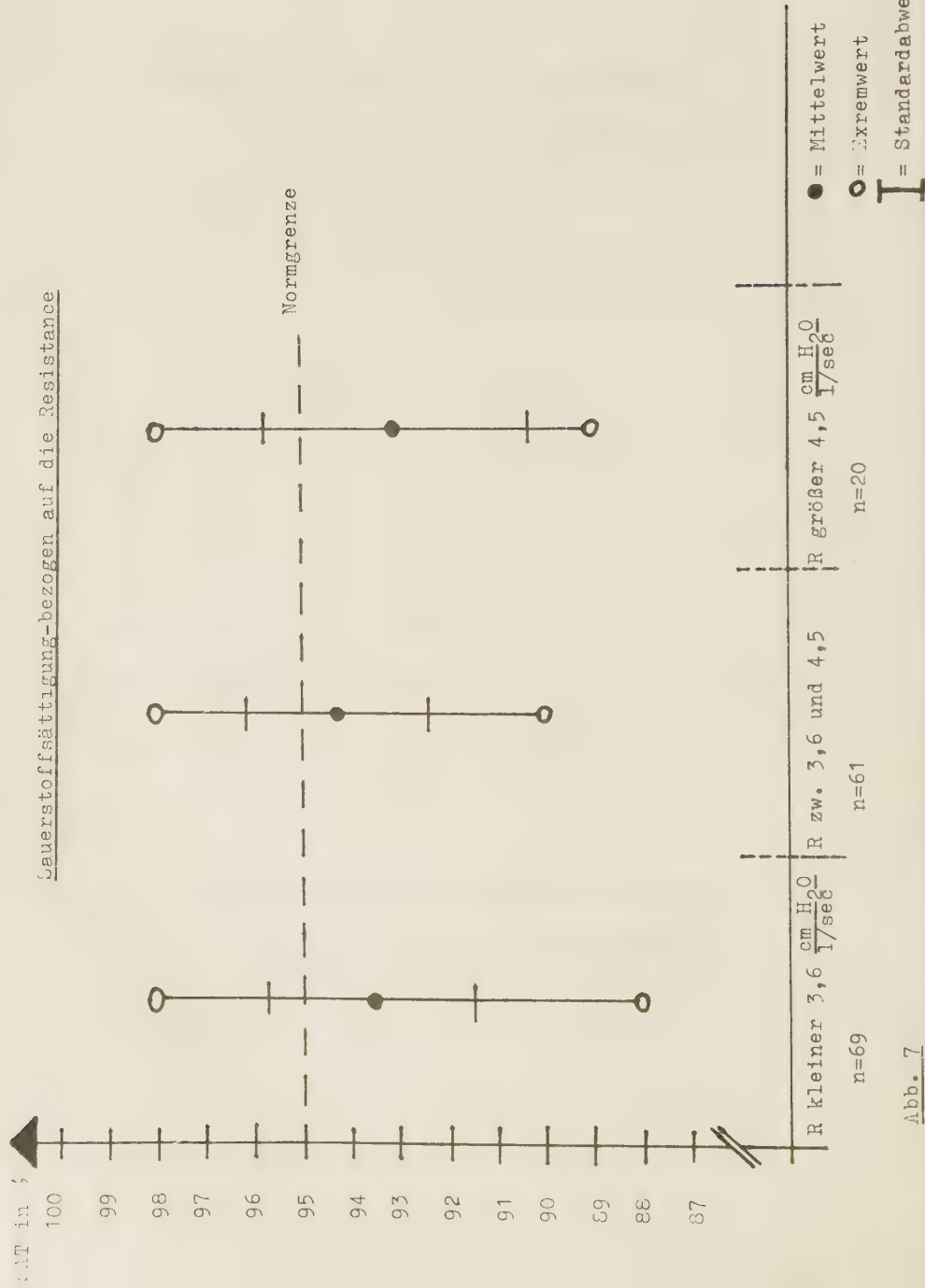


Abb. 7

3.2.6. Das Verhalten der Sauerstoffsättigung - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen

Die Durchschnittswerte der SAT waren sowohl für Patienten ohne pleurale Residuen als auch für Patienten, bei denen röntgenologisch Residuen verschiedener Lokalisation nachgewiesen worden waren, unter 95 % erniedrigt. Dabei wirkt sich das Vorhandensein von Residuen allein offenbar nicht auf die Höhe der SAT aus.

Lediglich bei Patienten mit basolateralen oder apico-latero-basalen Residuen war die SAT im Mittel stärker erniedrigt als in den übrigen Gruppen. Hier spielt offenbar die Verminderung der Zwerchfellfunktion als ein Hauptfaktor der Ventilation eine entscheidende Rolle.

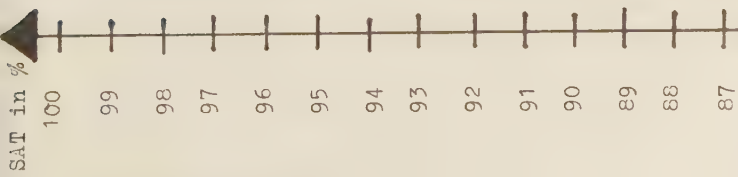
Andererseits ließen sich in 58 der 74 Fälle mit pathologischen Werten der SAT röntgenologisch Pleuraresiduen nachweisen. Anscheinend begünstigen Residuen im Zusammenwirken mit weiteren Faktoren das Auftreten pathologischer Werte der SAT.

Einzelne Werte siehe Tabelle 10. (S. 28)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	SAT	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
apicale Res.	43	31,6	44,2	94,0	2,0	89,0	98,0
laterale Res.	5	32,6	44,2	94,0	2,24	91,0	97,0
basale Res.	18	41,7	52,2	93,9	2,7	88,0	98,0
ap. + lat. Res.	9	40,4	52,4	94,1	2,32	90,0	98,0
ap. + bas. Res.	11	36,5	48,5	94,1	1,97	91,0	97,0
lat. + bas. Res.	7	36,4	46,7	92,9	1,95	90,0	95,0
ap. + lat. + bas. Res.	6	45,0	56,2	93,2	1,47	91,0	95,0
keine Res.	<u>24</u>	33,5	45,3	93,5	2,34	89,0	97,0
	123						

Tab. 10: Verhalten der SAT - bezogen auf
vorhandene Residuen

Graphische Darstellung siehe Abb. 8. (S. 29)



Sauerstoffsättigung - bezogen auf vorhandene Residuen

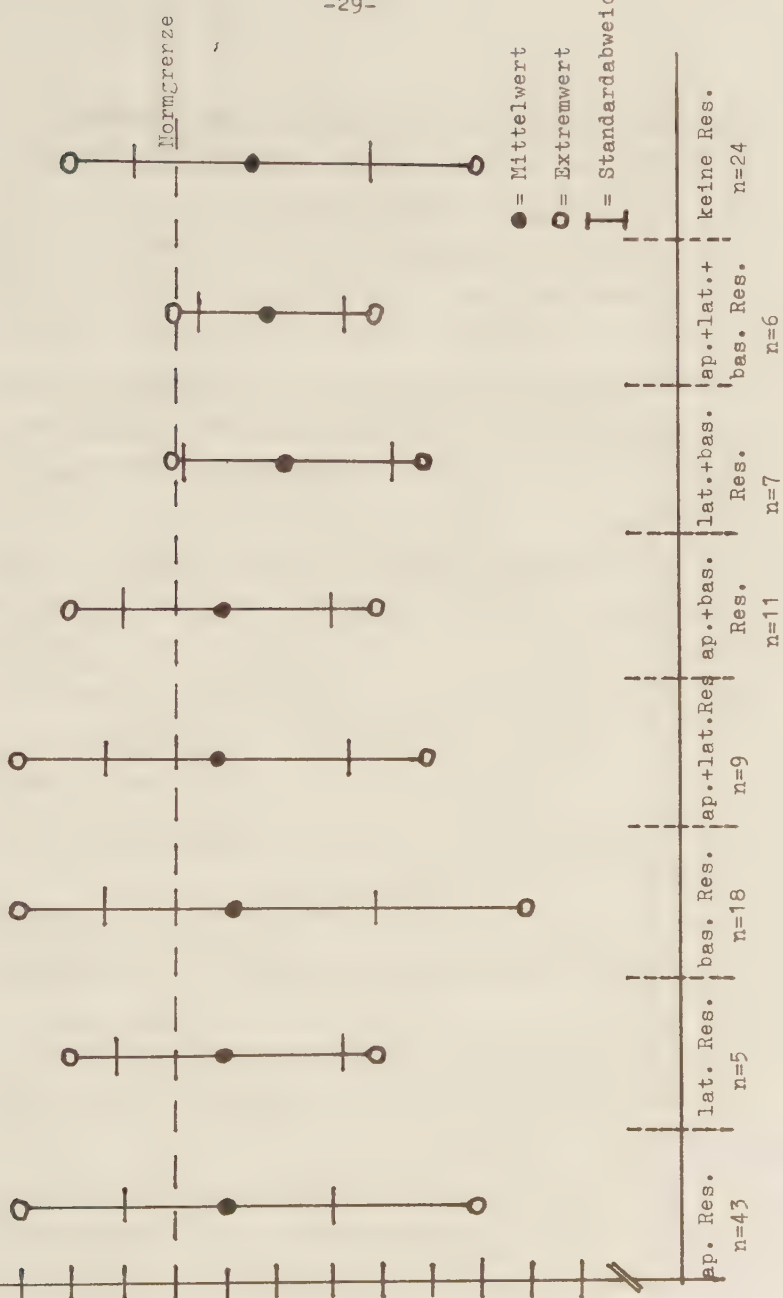


Abb. 8

3.3. Das Verhalten des arteriellen Kohlendioxid- partialdruckes ($p\text{CO}_2$) bei Lungenteilresektionen

3.3.1. Definition und Normalwerte

Der Kohlendioxidpartialdruck entspricht dem Anteil des CO_2 am Gesamtgasdruck des arterialisierten Blutes. Im Gegensatz zum arteriellen Sauerstoffpartialdruck, der eine hauptsächlich perfusionsabhängige Größe darstellt, ist der arterielle $p\text{CO}_2$ zum größten Teil von der Atemfrequenz, d.h. von der Ventilation und damit vom alveolären $p\text{CO}_2$ abhängig.

Die arterielle Kohlendioxidspannung hat besondere Bedeutung für den Säure-Basen-Haushalt. Über das Puffersystem HCO_3/CO_2 stellt sie eine effektive Regulationsgröße des aktuellen Blut-pH dar, wobei über dieses Puffersystem schnellwirkende Korrekturen des pH- Wertes erfolgen. Respiratorisch bedingte Entgleisungen des Säure-Basen-Haushaltes werden über langsamer wirkende renale Korrekturmaßnahmen kompensiert.

Weiterhin hat der arterielle $p\text{CO}_2$, neben dem arteriellen $p\text{O}_2$ und dem Blut-pH, eine Funktion bei der Regulation der Atmung.

Der Normbereich für den arteriellen Kohlendioxidpartialdruck wird von ULMER, REICHEL, NOLTE mit 37 - 43 mm Hg angegeben.

Werte unter 37 mm Hg sprechen für eine Hyperventilation, wie man sie z.B. bei verschiedenen metabolischen Azidosen,

beim nervösen Atmungssyndrom oder bei Diffusionsstörungen findet. Über 43 mm Hg ist der arterielle $p\text{CO}_2$ erhöht, wenn eine Retention von CO_2 in den Alveolen vorliegt. Dies ist vor allem bei obstruktiven Veränderungen der Lunge der Fall.

3.3.2. Verhalten des $p\text{CO}_2$ im Gesamtkollektiv

Der Mittelwert des arteriellen $p\text{CO}_2$ liegt im Gesamtkollektiv mit 37,3 mm Hg (Standardabweichung $s = 5,1$) an der unteren Grenze der Norm. Insgesamt wurden in 68 Fällen pathologische Werte des $p\text{CO}_2$ gefunden. Dabei war der $p\text{CO}_2$ 56 mal unter 37 mm Hg erniedrigt; nur in 12 Fällen wurde der Normbereich nach oben überschritten.

Der höchste gemessene Wert betrug 51 mm Hg, der niedrigste lag bei 26 mm Hg.

3.3.3. Verhalten des art. $p\text{CO}_2$ - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente

Segmentresektionen kleineren Umfanges (bis zu 4 Segmenten) scheinen die arterielle Kohlendioxidspannung nicht zu beeinflussen. Erst bei Patienten, die sich einer Resektion von mehr als 4 Segmenten unterzogen hatten, treten im Mittel deutlich pathologische Werte des $p\text{CO}_2$ auf. Lediglich 3 Patienten dieser Gruppe weisen normale Werte des arteriellen Kohlendioxidpartialdruckes auf. Bei allen anderen Patienten dieser Gruppe war die arterielle Kohlendioxidspannung unter 37 mm Hg erniedrigt. Entsprechend

war die Atemfrequenz in dieser Gruppe um 1,3 Züge/min gegenüber dem Gesamtkollektiv erhöht.

Einzelne Werte siehe Tabelle 11.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nachu.	pCO ₂	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
1 Segment	42	34,2	45,8	37,6	4,84	28,0	47,0
2 Segmente	22	37,7	49,6	36,2	4,41	28,9	43,0
3 Segmente	42	36,3	48,3	37,6	5,13	26,0	51,0
4 Segmente	8	32,6	44,4	40,3	6,24	28,0	49,5
mehr als 4 Segmente	<u>9</u>	34,2	46,0	34,1	4,95	28,0	43,0
123							

Tab. 11: Verhalten des pCO₂ - bezogen auf die Zahl
der resezierten Segmente

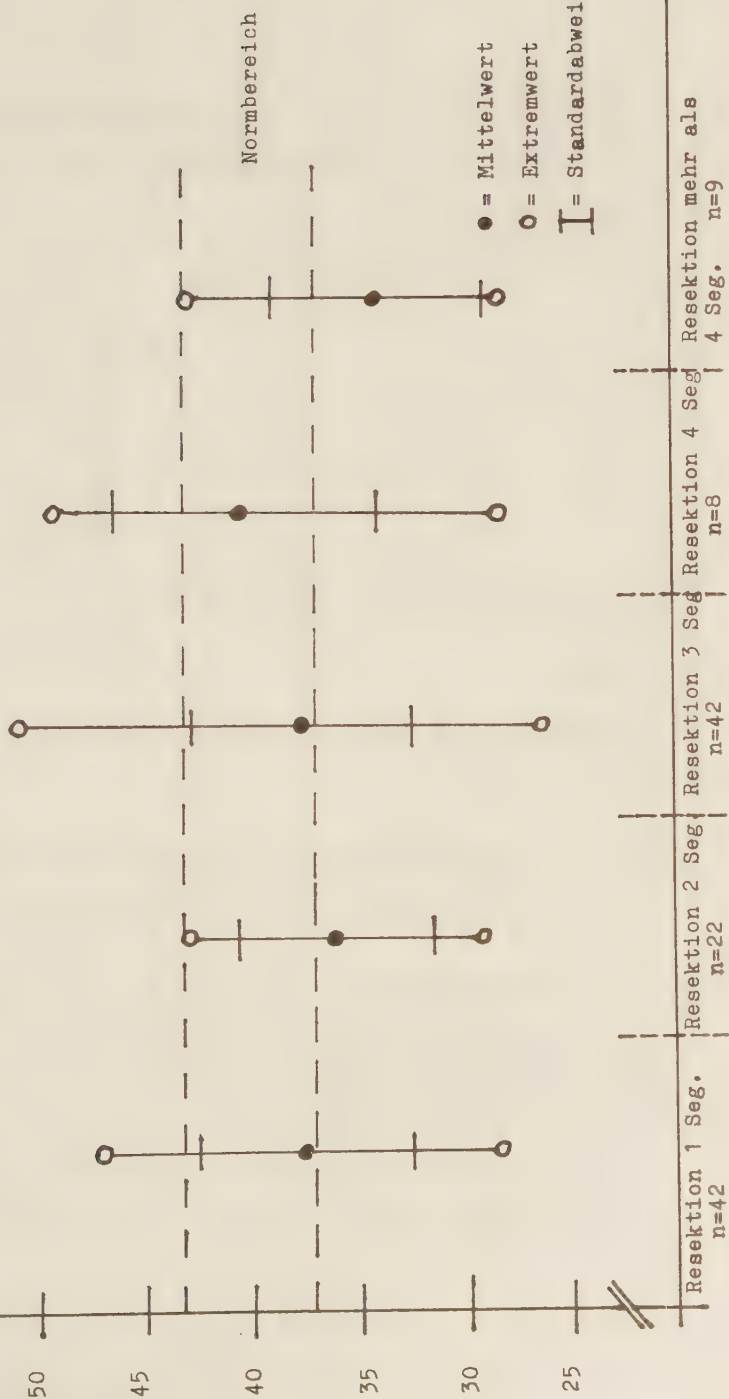
Graphische Darstellung siehe Abb. 9. (S. 33)

3.3.4. Das Verhalten des pCO₂ - bezogen auf das Alter

Mit zunehmendem Alter bei der Nachuntersuchung (und damit auch bei der Operation) zeigt sich ein Absinken des arteriellen pCO₂. Diese Abnahme beträgt in Gruppe 2 (Alter 41 - 60 Jahre bei Nachuntersuchung) 1,6 mm Hg gegenüber dem Durchschnittswert in Gruppe 1 (Alter 20 - 40 Jahre bei Nachuntersuchung), welcher mit 38,5 mm Hg als einziger im Normbereich liegt. In Gruppe 3 (Alter über 60 Jahre bei Nachuntersuchung) lag der pCO₂ abermals um 1,4 mm Hg unter dem Wert in Gruppe 2.

pCO₂ - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente

pCO₂ in mm Hg



Resektion 1 Seg.
n=42

Resektion 2 Seg.
n=22

Resektion 3 Seg.
n=42

Resektion 4 Seg.
n=8

Resektion mehr als
4 Seg. n=9

Abb. 9

Die Ergebnisse deuten auf einen Einfluß des Alters bei der Operation auf das postoperative Verhalten des arteriellen $p\text{CO}_2$ hin.

Einzelne Werte siehe Tabelle 12.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	$p\text{CO}_2$	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Gruppe 1 20-40 J.	44	22,4	34,3	38,5	5,19	28,0	51,0
Gruppe 2 41-60 J.	60	39,0	50,6	36,9	4,83	27,4	47,0
Gruppe 3 über 60 J.	19	52,8	64,8	35,5	5,02	26,0	42,5

123

Tab. 12: Verhalten des $p\text{CO}_2$ - bezogen auf das Alter

Graphische Darstellung Abb. 10. (S. 35)

3.3.5. Das Verhalten des arteriellen $p\text{CO}_2$ - bezogen auf die Höhe der Resistance (R)

Die Patienten wurden, wie bereits erwähnt, je nach Höhe der Resistance 3 Gruppen zugeteilt.

Bei den Patienten mit normaler Resistance (R kleiner als $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$) lag der $p\text{CO}_2$ mit 38,5 mm Hg im Normbe-

pCO₂-bezogen auf das Alter

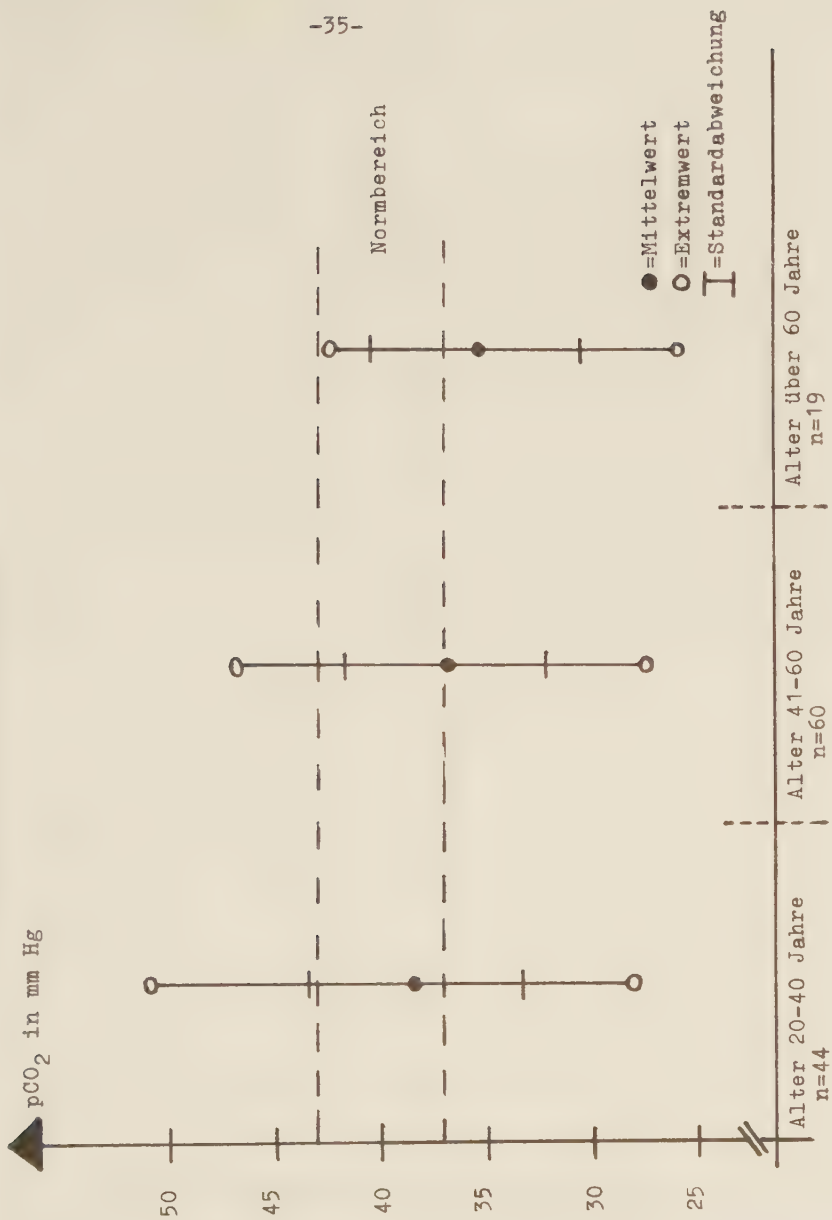


Abb. 10

reich. Für die anderen beiden Gruppen von Patienten, die erhöhte Werte der Resistance (R zwischen 3,6 und 4,5 bzw. R größer 4,5 $\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{1/\text{sec}}$) aufwiesen, ergaben sich mit 35,6 bzw. 36,6 mm Hg pathologisch erniedrigte Durchschnittswerte des arteriellen pCO_2 .

Die Ergebnisse sprechen für eine Steigerung der Ventilation bei erhöhtem Atemwegswiderstand. So lag die Atemfrequenz bei den Patienten mit erhöhter Resistance mit 15,85 Atemzügen pro Minute um 1,1 Züge höher als bei den Patienten mit normaler Resistance.

Einzelne Werte siehe Tabelle 13.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	pCO_2	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Res. kl. 3,6	69	34,9	46,8	38,5	5,07	26,0	51,0
Res. zw. 3,6 u. 4,5	31	32,4	43,9	35,6	4,63	28,0	43,2
Res. gr. 4,5	18	43,2	55,9	36,6	4,36	28,4	43,3
	118						

Tab. 13: Verhalten des pCO_2 - bezogen auf die Höhe der Resistance

Graphische Darstellung Abb. 11. (S. 37)

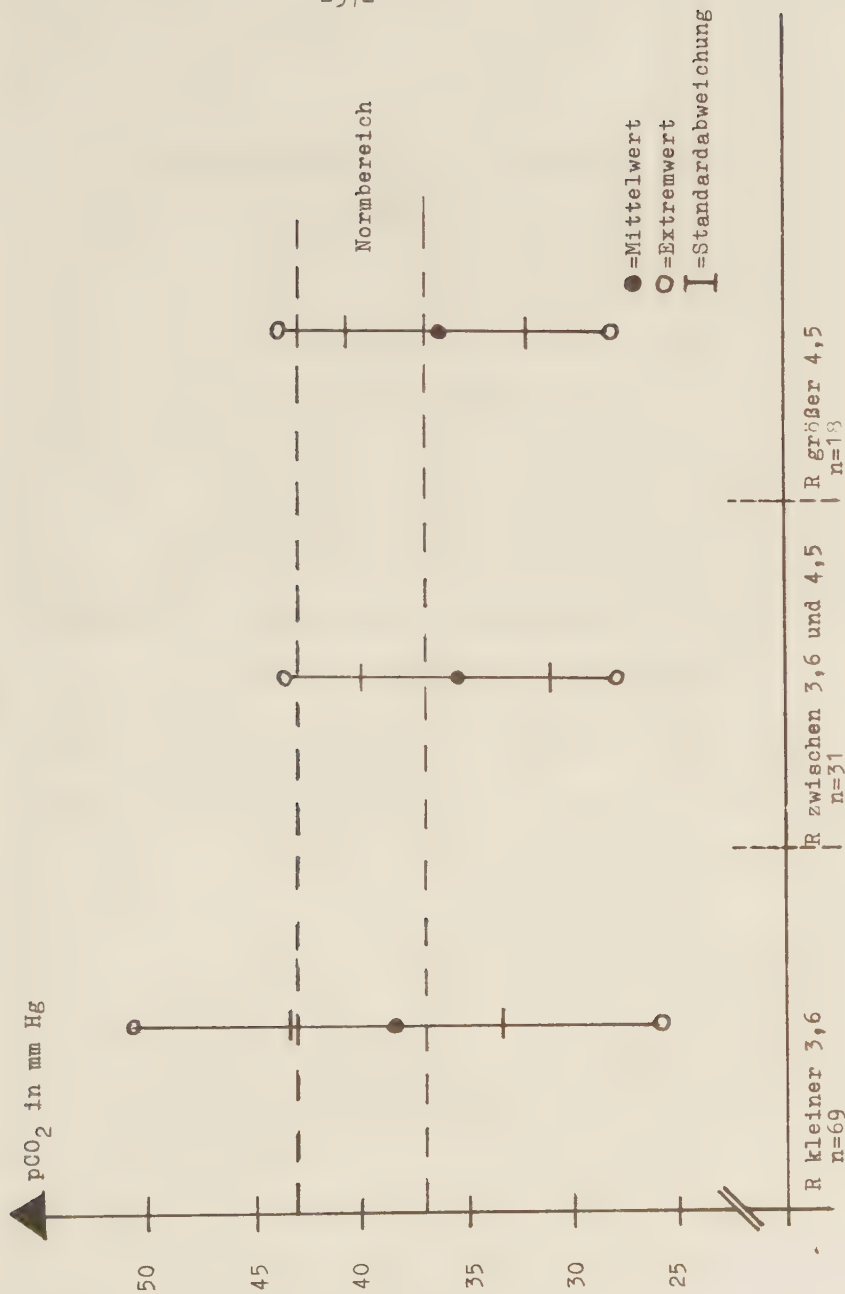


Abb. 11

3.3.6. Das Verhalten des $p\text{CO}_2$ - bezogen auf das
Vorhandensein von Residuen

Gegenüber einer Kontrollgruppe von Patienten, die postoperativ keine Residuen aufwiesen, fanden sich bei den Patienten, bei denen sich röntgenologisch Residuen nachweisen ließen, in erhöhtem Maße pathologisch erniedrigte Werte des arteriellen Kohlendioxidpartialdruckes ($p\text{CO}_2$ kleiner 37 mm Hg). Besonders basale Residuen, sowie die diversen Kombinationen pleuraler Verwachsungen, scheinen sich nachteilig auf die Atemfunktion auszuwirken. Apicale und laterale Residuen beeinträchtigen die Atemfunktion offensichtlich nicht stärker.

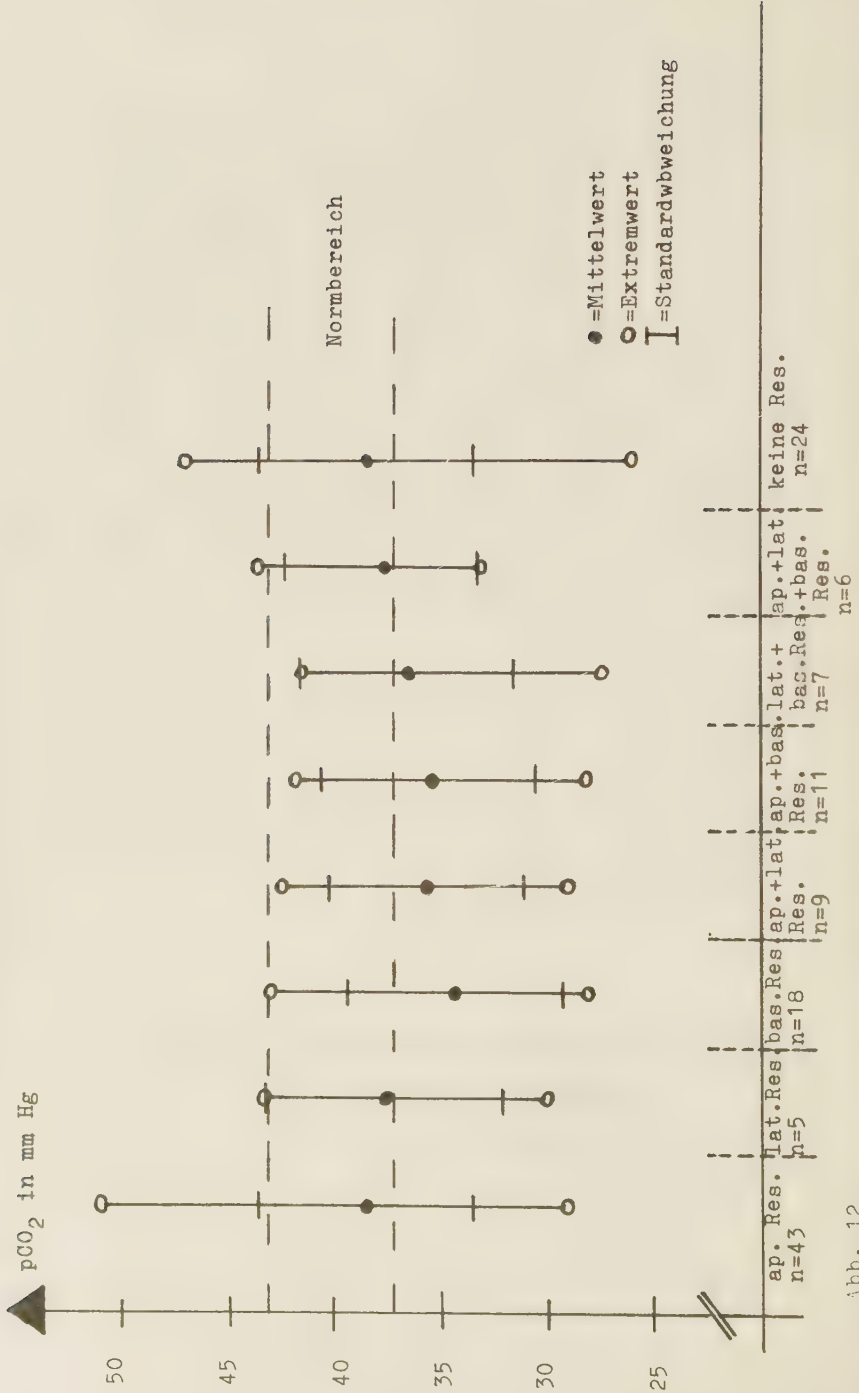
Die Atemfrequenz ist bei den Patienten, die röntgenologisch Residuen aufwiesen, im Durchschnitt um 0,6 Atemzüge/min gegenüber den Patienten ohne Residuen erhöht. Einzelne Werte siehe Tabelle 14. (S. 39)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	pCO ₂	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
apicale Res.	43	31,6	44,2	38,5	4,91	28,9	51,0
laterale Res.	5	32,6	44,2	37,6	5,51	30,0	43,2
basale Res.	18	41,7	52,2	34,6	4,89	28,0	43,0
ap. + lat. Res.	9	40,4	52,4	35,5	4,52	29,0	42,5
ap. + bas. Res.	11	36,5	48,5	35,5	5,01	28,0	42,0
bas. + lat. Res.	7	36,4	46,7	36,7	5,11	27,4	41,6
ap. + lat. + bas. Res.	6	45,0	56,2	37,6	4,65	33,0	43,6
keine Res.	24	33,5	45,3	38,4	5,14	26,0	47,0
	123						

Tab. 14: Verhalten des pCO₂ - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen

Graphische Darstellung siehe Abb. 12. (S. 40)

pCO₂-bezogen auf vorhandene Residuen



3.4. Das Verhalten des Blut-pH bei Lungenteilresektion

3.4.1. Bedeutung des pH-Wertes für den Organismus,

Regulationsmechanismen und Normalwerte

Die vitalen Funktionen lebender Organismen sind an einen engen Bereich der Wasserstoffionenkonzentration gebunden, der beim Menschen zwischen 36 und 44 mmol/l liegt. Dies entspricht einem pH-Bereich von 7,44-7,36 (im Mittel 7,4). Eine Erhöhung der H^+ -Ionenkonzentration (Absinken des pH-Wertes) bezeichnet man als Azidose, eine Erniedrigung der H^+ -Ionenkonzentration (Ansteigen des pH-Wertes) als Alkalose. Dafür können verschiedene respiratorische wie auch metabolische Störungen verantwortlich sein.

Um eine physiologische Wasserstoffionenkonzentration der Körperflüssigkeit zu wahren, besitzt der Organismus drei Regulationsmöglichkeiten:

1. Sofortige Neutralisation (Pufferung) in Zelle und Extrazellulärflüssigkeit,
2. pulmonale Elimination von CO_2 (respiratorische Regulation),
3. renale Elimination von Wasserstoffionen (renale bzw. metabolische Regulation).

Jede Störung des Säure-Basen-Gleichgewichtes wird mit einer entgegengesetzt gerichteten Regulationsmaßnahme beantwortet. Metabolische Störungen können pulmonal kompensiert werden und umgekehrt. Dabei dienen die

pulmonalen Regulationsmaßnahmen einem schnell wirkenden Ausgleich, während die renale Regulation erst wesentlich später zum Tragen kommt.

3.4.2. Verhalten des pH-Wertes im untersuchten Kollektiv

Bei unseren Patienten lagen die Mittelwerte des Blut-pH sowohl im Gesamtkollektiv wie auch bei der Betrachtung unter den verschiedenen oben angeführten Aspekten im Bereich der Norm, bei geringer Standardabweichung. Lediglich in 23 der 123 Fälle, bei denen die arteriellen Blutgaswerte untersucht wurden, waren zumeist geringfügig pathologische Werte der Wasserstoffionenkonzentration zu finden.

Eine Differenzierung zwischen respiratorischen und metabolischen Störungen des Säure-Basen-Haushaltes ist über den $p\text{CO}_2$ und den Basenüberschuß (BE) möglich. Durch den Kohlendioxidpartialdruck und den pH-Wert ist der BE ebenfalls festgelegt und kann aus entsprechenden Diagrammen aus dem Schnittpunkt mit der Verbindungslinie von $p\text{CO}_2$ und pH-Wert entnommen werden. Durch Auftragen des BE gegen den $p\text{CO}_2$ und pH-Wert kann nun anhand eines weiteren Diagrammes zwischen respiratorischen und metabolischen Störungen unterschieden werden. Bei dieser Methode geht man davon aus, daß bei respiratorischen Störungen der BE zunächst normal ist (Normbereich des BE -2,5 bis +2,5 mEq/l) bei pathologischen Werten des $p\text{CO}_2$, während bei metabolischen Störungen des Säure-Basen-Haushaltes normale Werte des $p\text{CO}_2$ bei pathologischen Werten des BE vorliegen.

Dabei entstehen respiratorische Störungen des Säure-Basen-Haushaltes aufgrund einer vermehrten (Alkalose) oder verminderten (Azidose) pulmonalen Elimination von CO_2 .

Als Gründe für eine metabolische Azidose kommen eine Zunahme von Wasserstoffionen in den Körperflüssigkeiten, z.B. als Folge einer gesteigerten endogenen Produktion durch Stoffwechselprozesse, einer vermehrten exogenen Zufuhr oder einer verminderten renalen Eliminationskapazität, sowie Verluste von Basen durch den Intestinaltrakt infrage.

Eine metabolische Alkalose kann schließlich durch einen vermehrten endogenen Basenanfall oder einen Verlust von Protonen aus dem Extrazellulärraum bedingt sein.

Bei leichten Alkalosen liegt der pH-Wert zwischen 7,45 und 7,5, bei schweren Alkalosen ist er weiter erhöht.

Bei einem pH-Wert zwischen 7,35 und 7,3 spricht man von einer leichten, bei einer weiteren Erniedrigung des pH von einer schweren Azidose (ULMER, REICHEL, NOLTE).

Unter unserem Krankengut fanden sich:

respiratorische Alkalose:	10 mal, dabei 3 schwere Fälle
metabolische Alkalose	: 10 mal, dabei 3 schwere Fälle
metabolische Azidose	: 3 mal.

Lediglich in 3 Fällen konnte auf einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Resektion (es wurden in diesen Fällen 7 bzw. 5 Segmente reseziert, wobei es postoperativ

zusätzlich zu pleuralen Residuen kam) und einer leichten Störung des Säure-Basen-Haushaltes geschlossen werden. In allen drei Fällen lag eine respiratorische Alkalose vor.

Für die übrigen Fälle konnte keine Abhängigkeit der Störung des Säure-Basen-Haushaltes von der Lungenteilresektion nachgewiesen werden.

Auch in Fällen, bei denen stark pathologische Werte des $p\text{CO}_2$ entsprechende Veränderungen des pH-Wertes vermuten ließen, fanden sich keine Abweichungen von der Norm. Offenbar wurden hier die respiratorischen Störungen wirkungsvoll durch metabolische Mechanismen kompensiert.

Aufgrund der uns zur Verfügung stehenden Daten konnte kein Zusammenhang zwischen der Lungenteilresektion und der postoperativen Entwicklung des pH-Wertes erkannt werden. Bis auf wenige Fälle wurde der pH-Wert durch eine Lungenteilresektion nicht beeinflusst.

3.5. Das Verhalten der Resistance bei Lungenteilresektion

3.5.1. Definition und Normalwerte

Die Resistance ist definiert als der bronchiale Strömungswiderstand. Dieser ist in erster Linie eine Funktion der Bronchienhalbdurchmesser ($R = \frac{k}{r^4}$). Somit können geringe Änderungen des Bronchialbaumquerschnittes zu erheblichen Änderungen der Resistance führen. Daraus erklärt sich

auch das unterschiedliche Verhalten der Resistance in den verschiedenen Lebensaltern. Sie nimmt, parallel zur Zunahme der Bronchiendurchmesser, von 20-30 $\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ bei Neugeborenen ab bis auf etwa 2,2 $\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ beim Erwachsenen. Im Alter steigt die Resistance aufgrund nachlassender Elastizität des Lungenparenchyms und damit abnehmenden Bronchiallumen wieder an.

Die Resistance zeigt weiterhin atemsynchrone Schwankungen. So läßt sich eine expiratorische Zunahme der Resistance verifizieren (Hustenmechanismus). Auch dieses Phänomen ist durch die verminderte Retraktionskraft des Lungenparenchyms bei Abnahme des Lungenvolumens zu erklären.

Der Strömungswiderstand ist ferner einer Tagesrhythmik unterworfen, wobei der Gipfel der Resistance etwa bei 14 Uhr liegt. Hierfür wird die Freisetzung bronchokonstriktorisch wirkender Substanzen wie Azetylcholin, Histamin und Serotonin, die zum Teil vegetativ gesteuert wird, verantwortlich gemacht.

Auch verschiedene endo- und exobronchiale Mechanismen können eine Erhöhung der Resistance im Sinne einer Atemwegsobstruktion hervorrufen.

So führen Schleimhautschwellungen und Hypersekretion von Schleim, wie man sie z.B. beim Asthma bronchiale oder bei Bronchitiden findet, zu einer Einengung der Bronchien, die eine Zunahme des bronchialen Strömungs-

widerstandes bedingen. Auch bei einem gegen Allergene überempfindlichen Bronchialsystem oder einer vegetativen Fehlsteuerung kommt es über eine Verengung der Bronchien zu einer Zunahme des bronchialen Strömungswiderstandes.

Als exobronchialer Faktor, der die Höhe der Resistance mitbestimmt, sei das intrathorakale Gasvolumen genannt. Es konnte bewiesen werden, daß die Resistance mit zunehmendem intrathorakalem Gasvolumen ansteigt.

Der bronchiale Strömungswiderstand beträgt unter normalen Bedingungen beim Erwachsenen im Durchschnitt $2,2 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$. Etwa $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ werden als obere physiologische Grenze der Resistance angesehen (ULMER, REICHEL, NOLTE).

Zusätzlich haben wir bei unserer Untersuchung einen Übergangsbereich zu sicher pathologischen Werten von $3,6 - 4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ festgelegt.

3.5.2. Das Verhalten der Resistance im Gesamtkollektiv

Eine Messung der Resistance wurde bei 120 Personen des untersuchten Patientenkollektivs vorgenommen. Dabei fand sich ein Mittelwert von $3,7 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ ($s = 1,53$), der geringfügig über dem Normbereich lag.

Bei 51 Patienten des untersuchten Kollektivs wurden erhöhte Werte der Resistance festgestellt.

Dabei war der bronchiale Strömungswiderstand in 31 Fäl-

len bis zu maximal $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ angehoben. Lediglich bei 20 Personen lag die Resistance höher als $4,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$. Der maximal gemessene Wert betrug $11 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$, der niedrigste $1,8 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$.

3.5.3. Das Verhalten der Resistance - bezogen auf die Zahl der resezierten Segmente

Eine deutliche Abhängigkeit der postoperativen Entwicklung der Resistance vom Umfang des Parenchymverlustes zeigte sich nicht.

Daß sich für die Gruppe von Patienten, bei denen eine Resektion von 3 Segmenten durchgeführt worden war, mit $4,2 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ der höchste Mittelwert ergab, ist sicher eher zufällig bedingt.

Bei den Patienten mit erhöhten Werten des bronchialen Strömungswiderstandes wurden zwar im Durchschnitt 0,4 Segmente mehr reseziert als bei den Patienten, bei denen die Resistance zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Normbereich lag. Allerdings scheint die Höhe der Resistance hierbei nicht durch den Umfang der Resektion, sondern durch die bei umfangreicheren Resektionen häufigeren Residuen mitbedingt zu sein. Einzelne Werte siehe Tabelle 15. (S. 48)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	Resistance	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
1 Segment	42	34,2	45,8	3,4	1,47	1,8	8,1
2 Segmente	20	37,7	49,6	3,2	0,79	2,3	5,1
3 Segmente	41	36,3	48,3	4,2	1,89	2,1	11,0
4 Segmente	8	32,6	44,4	3,4	0,87	2,2	5,0
mehr als 4 Segmente	9	34,2	46,0	3,8	1,29	2,8	6,9
	120						

Tab. 15: Verhalten der Resistance - bezogen auf die
Zahl der resezierten Segmente

Graphische Darstellung Abb. 13. (S. 49)

3.5.4. Das Verhalten der Resistance - bezogen auf das
Alter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Die Resistance steigt mit zunehmendem Alter bei der Nachuntersuchung (und damit entsprechend höherem Operationsalter) deutlich an. Der Mittelwert in Gruppe 1 (20 - 40 Jahre) betrug $3,1 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$, in Gruppe 2 (41 - 60 Jahre) $3,8 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ und in Gruppe 3 (über 60 Jahre) $4,6 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$.

Resistance bezogen auf die Zahl
der resezierten Segmente

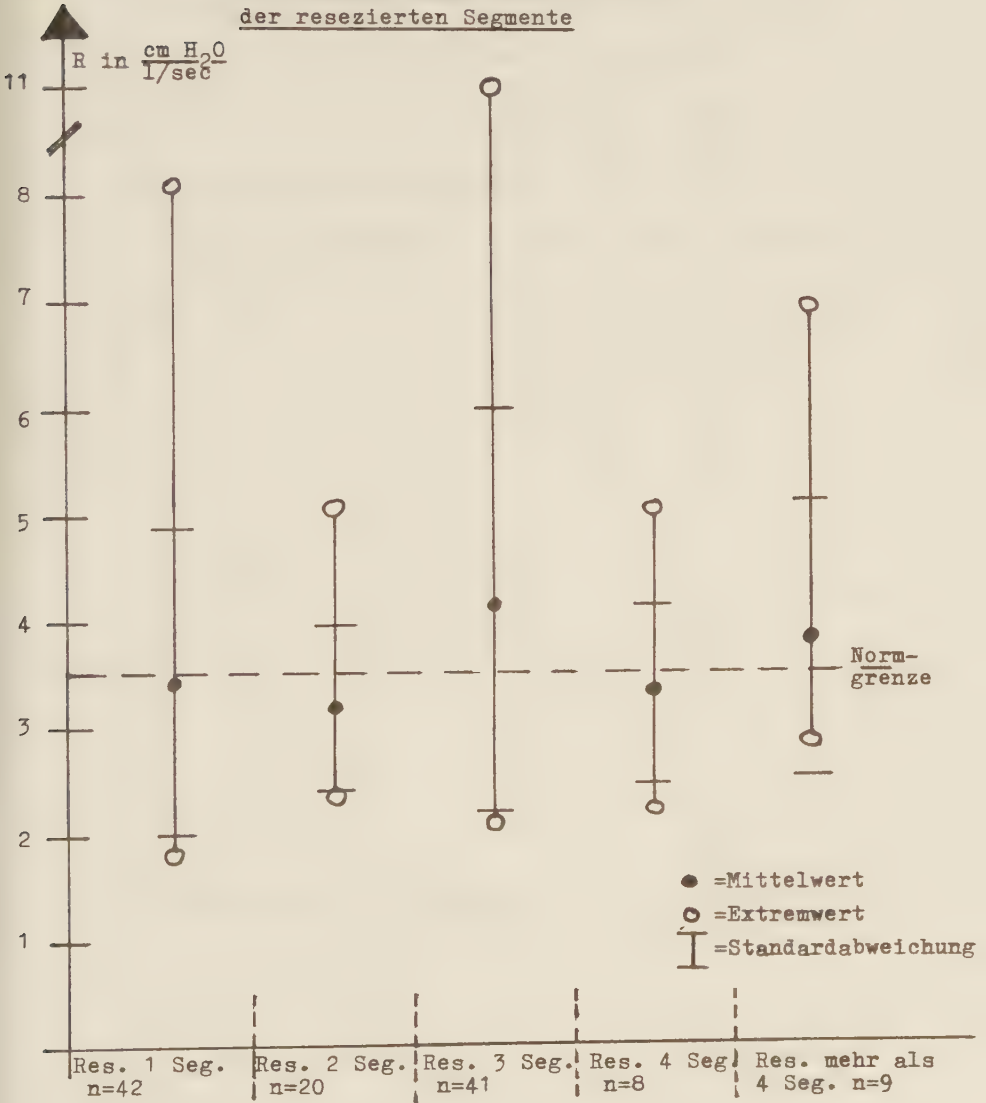


Abb. 13

Zwar nimmt die Resistance - wie bereits zuvor erwähnt - physiologischerweise im Alter zu, jedoch sprechen die von uns gefundenen Werte für eine Verstärkung oder zumindest deutliche Beschleunigung dieses Altersprozesses über das normale Maß hinaus.

So scheint das Alter zum Zeitpunkt der Operation ein entscheidender Faktor für die postoperative Entwicklung der Resistance zu sein.

Einzelne Werte siehe Tabelle 16.

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	Resistance	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
Gruppe 1	42	22,4	34,3	3,1	0,81	1,8	4,9
Gruppe 2	57	39,0	50,6	3,8	1,41	2,0	7,7
Gruppe 3	21	52,8	64,8	4,6	2,32	2,4	11,0

120

Tab. 16: Verhalten der Resistance - bezogen auf das Alter
Graphische Darstellung Abb. 14. (S. 51)

Resistance-bezogen auf das Alter

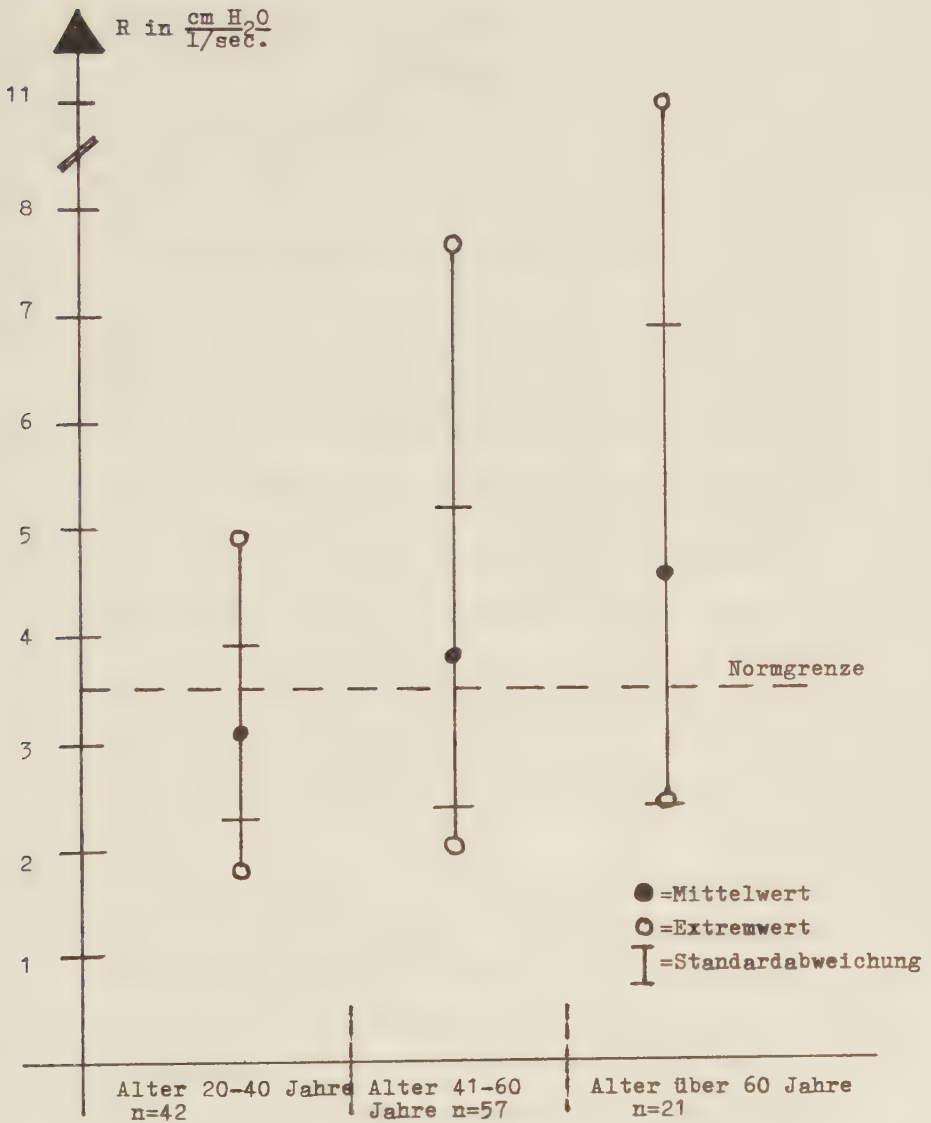


Abb. 14

3.5.5. Das Verhalten der Resistance - bezogen auf das Vorhandensein von Residuen

Bei den Patienten, die Residuen verschiedener Lokalisationen aufwiesen, lagen die Durchschnittswerte der Resistance im allgemeinen höher als bei den Patienten, bei denen röntgenologisch keine Residuen nachgewiesen worden waren.

Besonders bei Patienten, die apicale, laterale oder basale Residuen bzw. eine Kombination aller drei Formen (apico-latero-basal) aufwiesen, fanden sich im Mittel erhöhte Werte des bronchialen Strömungswiderstandes.

Untersucht man alle Patienten, deren bronchialer Strömungswiderstand höher als $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ liegt ($n = 51$), so finden sich dabei lediglich 5 Personen, die keine Residuen aufweisen. Bei allen anderen Patienten ($n = 46$) hatten sich postoperativ Residuen ausgebildet, die überwiegend apical ($n = 21$) gelegen waren. Am zweithäufigsten waren basale Residuen anzutreffen ($n = 9$).

Unsere Ergebnisse weisen darauf hin, daß pleurale Residuen das Auftreten pathologischer Werte des bronchialen Strömungswiderstandes begünstigen. Allerdings führt ihr Auftreten nicht zwangsläufig auch zur Erhöhung der Resistance in dem pathologischen Bereich. Einzelne Werte siehe Tabelle 17. (S. 53)

	Fallzahl	Alter bei Op.	Alter bei Nu.	Resistance	Standardabweichung	Min. Wert	Max. Wert
apicale Res.	43	31,6	44,2	3,9	1,79	1,8	11,0
laterale Res.	5	32,6	44,2	4,2	0,99	3,0	5,4
basale Res.	18	41,7	52,2	4,1	1,7	2,5	7,7
ap. + lat. Res.	9	40,4	52,4	3,1	0,78	2,2	4,4
ap. + bas. Res.	11	36,5	48,5	3,4	0,8	2,2	5,1
lat. + bas. Res.	5	36,4	46,7	2,9	0,83	1,9	4,2
ap. + lat. + bas. Res.	6	45,0	56,2	4,0	2,11	2,6	8,2
keine Res.	23	33,5	45,3	3,3	1,37	1,8	7,5

120

Tab. 17: Verhalten der Resistance bei Residuen

Graphische Darstellung Abb. 15. (S. 54)

4. Diskussion

Über das Verhalten der Lungenfunktion nach Lungenteilresektion gibt es zahlreiche Untersuchungen, von denen einige nachfolgend angeführt werden.

Resistance-bezogen auf vorhandene Residuen

R in $\frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$

11

8

7

6

5

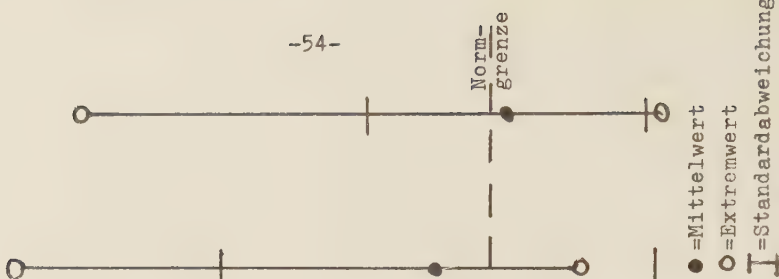
4

3

2

1

Abb. 1



ap. Res. n=43	lat. Res. n=5	bas. Res. n=18	ap.+lat. Res. n=9	ap.+bas. Res. n=11	lat.+bas. Res. n=5	ap.+lat.+ bas. Res. n=25	keine Res. n=6
------------------	------------------	-------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------------	-------------------

Autor	Fall- zahl	postop. Interv.	pO ₂	SAT	pCO ₂	pH	Resistance	Lungenfunktion allgemein
CUOTO ARZT	50	5 Monate	im Bereich der Norm	---	---	---	---	---
BLOEDNER	167	12,7 Jahre	---	---	---	---	---	VK: primär Reduktion, später je nach Alter bei Op. An- steigen bis Ab- sinken TIFF: untere Norm- grenze RV: Zunahme nahezu im physiologischen Bereich
DAUM	8	3-4 Jahre	in Ruhe an der unteren Normgrenze, meist Ab- fall bei Be- lastung	---	---	---	---	---
LEUPOLD et al.	40	3,8 Jahre	normales Verhalten	---	normales Verhalten	---	---	VK: leicht erniedrigt TIFF: erniedrigt, ge- ringe Obstruk- tion RV: im Normbereich

---- = keine Angabe

Tab. 18a : Tabellarische Literaturübersicht

Autor	Fall- zahl	postop. Interv.	pO ₂	SAT	pCO ₂	pH	Resistance	Lungenfunktion allgemein
MAURATH	169	8-12 Wochen	---	normale Werte	normale Werte	normale Werte	---	---
MLCZOCH et al.	49	mehr als 6 Monate	in Ruhe normale Werte	---	in Ruhe ernie- drigte Werte	signifi- kante Veränder- ungen post- operativ	normal bis leicht er- höht	---
SIEGEN- THALER	15	---	normale Werte	---	normale Werte	---	---	---
ZIMMER- MANN et al.	149	1-5 Jahre	in Ruhe ernie- drigte Werte	in Ruhe normale bis ge- ring er- niedrig- te Werte	in Ruhe normale Werte	---	---	---

--- = keine Angabe

Tab. 18b : Tabellarische Literaturübersicht

4.1. Sauerstoffpartialdruck

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse lassen erkennen, daß es erst bei einer Resektion von mehr als 3 Segmenten zu einer geringen Beeinträchtigung des Sauerstoffpartialdruckes durch den Umfang des Parenchymverlustes kommt. Bei einem Parenchymverlust von weniger als 4 Segmenten wirken sich, wie auch andere Autoren (CUOTO, ARZT) beschreiben, hauptsächlich die Folgen der Thorakotomie (Pleuraadhäsionen, Einschränkung der Zwerchfellbeweglichkeit) auf die Lungenfunktion aus.

Als entscheidenden Faktor für das postoperative Verhalten des pO_2 sehen wir aufgrund unserer Ergebnisse das Alter zum Zeitpunkt der Operation an. So finden sich bei den Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation nicht älter als 30 Jahre waren ($n=45$) mit 28,9% ($n=13$) deutlich weniger pathologische Werte des pO_2 als bei den Patienten, deren Operationsalter mehr als 30 Jahre betrug ($n=78$). Hier wiesen 30 Patienten (38,5%) pathologische Werte des pO_2 auf. Ausschlaggebend hierfür scheint die im Alter eingeschränkte Funktionsreserve der Lunge zu sein (WASSNER). Ferner kommt es im Alter aufgrund sich entwickelnder hämodynamischer, ventilatorischer und leichter obstruktiver Inhomogenitäten schon physiologischerweise zu einem Absinken des pO_2 (ULMER, REICHEL, NOLTE). Es ist anzunehmen, daß sich postoperativ auftretende Pleurasynechien fördernd bzw. verstärkend auf diesen Alterungsprozeß auswirken.

Auch die meisten der oben angeführten Autoren beschreiben ein unauffälliges Verhalten des arteriellen Sauerstoffpar-

tialdruckes nach Lungenresektionen.

DAUM fand bei seinen Patienten eine Erniedrigung des pO_2 bis an die untere Normgrenze. Nur ZIMMERMANN führt eine pathologische Erniedrigung des Sauerstoffpartialdruckes in dem von ihm untersuchten Kollektiv an.

Als entscheidende Faktoren für das postoperative Verhalten des pO_2 werden das Alter zum Zeitpunkt der Operation, postoperative Komplikationen sowie der Zustand der Restlung genannt (CUOTO, ARZT, LEUPOLD). DAUM begründet eine Erniedrigung der Sauerstoffspannung unter Ruhebedingungen mit dem Auftreten arteriovenöser Shunts. Auch ZIMMERMANN macht Verteilungsstörungen für eine Erniedrigung des pO_2 verantwortlich. Unter Belastung soll auch die verkürzte Kontaktzeit bei gesteigertem Herzminutenvolumen und reduzierter Kapillaroberfläche eine Rolle spielen (DAUM, ZIMMERMANN).

4.2. Sauerstoffsättigung

Die arterielle Sauerstoffsättigung ist im Durchschnitt der bis zu 15 Jahre postoperativ untersuchten Fälle erniedrigt. Der Mittelwert liegt bei 93,8% (untere Normgrenze 95% nach BÜHLMANN, FROESCH). Insgesamt fanden sich bei 74 der 123 Patienten, bei denen eine Analyse der Blutgaswerte durchgeführt wurde, pathologische Werte der Sauerstoffsättigung. Dabei hat das Ausmaß des Parenchymverlustes keinen Einfluß auf die Höhe der SAT mehrere Jahre nach der Operation. Selbst bei Resektionen von mehr als 4 Segmenten weicht der für diese Patienten ermittelte Durchschnittswert nicht signifikant vom

Mittelwert des Gesamtkollektivs ab.

Ausschlaggebend für das postoperative Verhalten der SAT ist das Alter zum Zeitpunkt der Operation. Verantwortlich hierfür scheint die im Alter gegenüber jüngeren Patienten eingeschränkte Funktionsreserve der Lunge zu sein (WASSNER).

Hämodynamische, ventilatorische und leichtere obstruktive Inhomogenitäten, die sich mit zunehmendem Lebensalter bereits physiologischerweise einstellen (ULMER, REICHEL, NOLTE) bedingen wohl auch ein Absinken der SAT mit zunehmendem Alter. Das Auftreten von Pleurasynechien, wie sie bei 58 der 74 Patienten mit pathologischen Werten der SAT zu finden waren, wirkt sich anscheinend fördernd bzw. verstärkend auf den physiologischen Alterungsprozeß aus.

MAURATH fand bei den von ihm untersuchten Patienten ein unauffälliges postoperatives Verhalten der arteriellen Sauerstoffsättigung. ZIMMERMANN beschreibt bei ausgedehnten Resektionen (Lobektomien, Pneumektomien) bei Carcinompatienten eine geringe Erniedrigung der SAT.

Ursache für eine erniedrigte SAT ist nach ZIMMERMANN neben einer Verteilungsstörung die Einschränkung der Kapillaroberfläche mit einer daraus resultierenden sogenannten Diffusionsstörung unter Belastung infolge verkürzter Kontaktzeit bei gesteigertem Herzminutenvolumen.

4.3. Kohlendioxidspannung

Die Kohlendioxidspannung ist im Mittel der 123 Fälle, bei denen Analysen der Blutgaswerte durchgeführt wurden, bis an die untere Normgrenze von 37 mm Hg erniedrigt. Der Durchschnittswert für das Gesamtkollektiv liegt bei 37,2 mm Hg. Dieser Wert läßt auf eine gesteigerte Ventilation schließen. Betrachtet man die Gruppe von Patienten mit pathologisch erniedrigten Werten des Kohlendioxidpartialdruckes ($n=56$), so findet man dort eine um durchschnittlich 1,7 Atemzüge/min höhere Atemfrequenz als bei den Patienten, die normale Werte des pCO_2 aufwiesen ($n=55$). Bei 12 der untersuchten Patienten fanden wir pathologisch erhöhte Werte des pCO_2 .

Dabei scheinen besonders Residuen Einfluß auf die Höhe des pCO_2 mehrere Jahre nach der Operation zu haben. So lag bei den Patienten, bei denen röntgenologisch Residuen nachgewiesen worden waren ($n=99$), die Atemfrequenz im Durchschnitt um 0,6 Atemzüge/min höher als bei den Patienten, die keine Residuen aufwiesen ($n=24$). Wahrscheinlich sind die durch die Residuen hervorgerufenen Behinderungen der Atemmechanik für die kompensatorisch gesteigerte Atemfrequenz und die dadurch bedingte Erniedrigung des pCO_2 verantwortlich.

Auch das Alter zum Zeitpunkt der Operation wirkt sich auf die Höhe des pCO_2 mehrere Jahre nach der Operation aus. Mit zunehmendem Operationsalter findet sich postoperativ ein stärkeres Absinken des pCO_2 . Der Grund hierfür scheint in der im Alter eingeschränkten Funktionsreserve der Lunge zu liegen. Mit zunehmendem Lebensalter kann ein immer geringerer Teil

der Vitalkapazität gegen normalen Strömungswiderstand ausgeatmet werden. Es kommt zu einem Verschieben der Atemmittellage in Richtung Inspiration. Das expiratorische Reservolumen kann nur noch zu immer geringeren Teilen zur Vertiefung der Atmung genutzt werden. Die Atmung kann nur noch inspiratorisch vertieft werden. Aufgrund der zunehmenden Inspirationsstellung der Lunge stehen jedoch immer geringere inspiratorische Reserven zur Verfügung. Bei vermehrten Anforderungen an die Ventilation (z.B. auch durch eine Reduktion der Vitalkapazität durch eine Resektion) ist ein Ausweichen über ein stärkeres Anheben der Atemfrequenz die zwangsläufige Folge (ISLAM).

Daß bei Patienten mit erhöhten Werten der Resistance im Mittel erniedrigte Werte des $p\text{CO}_2$ auftraten, ist wohl auch durch den oben erläuterten Mechanismus erklärt. Die Atemfrequenz lag hier im Mittel um 0,9 Atemzüge/min höher als bei den Patienten mit normaler Resistance.

Das Verhalten des $p\text{CO}_2$ spricht gegen die postoperative Entwicklung eines Emphysems, bei dem man eine Retention von CO_2 bzw. normale Werte des $p\text{CO}_2$ erwarten würde (SIEGENTHALER). Auch BLOEDNER konnte aufzeigen, daß es nach Lungenresektionen nicht zur Entwicklung eines Emphysems kommen muß. Das Ausmaß der Resektion gewinnt erst ab einem Umfang von mehr als 4 Segmenten Einfluß auf die Höhe des $p\text{CO}_2$ mehrere Jahre nach der Operation.

Bei der Beurteilung des Verhaltens des $p\text{CO}_2$ nach Lungenre-

sektionen kamen die oben genannten Autoren zu unterschiedlichen Ergebnissen. LEUPOLD, SIEGENTHALER und ZIMMERMANN beschreiben ein unauffälliges postoperatives Verhalten des pCO_2 bei ihren Patienten. MAURATH fand bei seinem Kollektiv im Mittel normale Werte des pCO_2 , wobei er hauptsächlich bei Patienten mit Bronchiektasen eine Neigung zur Retention von CO_2 feststellte. Lediglich MLCZOCH ermittelte - wie wir - bei dem von ihm untersuchten Kollektiv postoperativ eine Erniedrigung des Kohlendioxidpartialdruckes.

4.4. pH-Wert

Lungenteilresezierte Patienten weisen selten durch die Operation begründete pathologische Veränderungen des pH-Wertes auf.

Wir fanden in 23 der 123 Fälle, bei denen eine Analyse der Blutgaswerte vorgenommen worden war, pathologische Werte des pH. 10 dieser Patienten wiesen eine respiratorische Alkalose auf, wobei lediglich in 3 Fällen auf einen möglichen Zusammenhang mit den Folgen der Resektion geschlossen werden konnte. Bei diesen Patienten waren 5 bzw. 7 Segmente reseziert worden, wobei sich postoperativ zusätzlich Pleurare-siduen entwickelten. Für die verbleibenden 7 Fälle von respiratorischer Alkalose konnte kein Zusammenhang mit einem mit der Lungenteilresektion in Verbindung stehenden Parameter gefunden werden.

In 13 weiteren Fällen lagen metabolisch bedingte Störungen des Säure-Basen-Haushaltes vor (10 Fälle von metabolischer

Alkalose, 3 Fälle von metabolischer Azidose).

Der Organismus ist offenbar in der Lage, selbst nach einem teilweise erheblichen Verlust an Lungenparenchym, physiologische pH-Werte einzuhalten, wobei er sich anscheinend der metabolischen Regulationsmechanismen bedient. Hierfür spricht, daß sich selbst bei schweren Abweichungen des $p\text{CO}_2$ von der Norm meist physiologische pH-Werte finden.

Auch MAURATH fand bei seinen Patienten postoperativ normale Werte des pH. Lediglich MLCZOCH beschreibt signifikante Veränderungen des pH-Wertes nach Lungenresektionen.

4.5. Resistance

Die Resistance war bei den von uns bis zu 15 Jahre postoperativ untersuchten Patienten im Mittel über die Normgrenze von $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ erhöht.

Betrachtet man die Mittelwerte in den einzelnen Altersgruppen, so findet man ein deutliches Ansteigen des bronchialen Strömungswiderstandes mit zunehmendem Alter zum Zeitpunkt der Operation. Unsere Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß das Operationsalter das entscheidende Kriterium für die postoperative Entwicklung der Resistance darstellt. Dieses Verhalten der Resistance ist wohl durch die im Alter abnehmende Funktionsreserve der Lunge mitbedingt.

Weiterhin verringert sich mit zunehmendem Alter die Elastizität des Lungenparenchyms (ULMER, REICHEL, NOLTE). Die

Retraktionskraft der Lunge wird geringer, es kommt zu einer Verschiebung der Atemmittellage in Richtung Inspiration (ISLAM). Gleichzeitig reduzieren sich die an den Bronchien angreifenden Kräfte, die für die Offenhaltung des Lumens verantwortlich sind. Dadurch kommt es schon physiologischerweise zu einer Erhöhung des bronchialen Strömungswiderstandes im Alter (ULMER, REICHEL, NOLTE). Durch infolge des thoraxchirurgischen Eingriffes mögliche Pleuraresiduen kann dieser Prozeß beschleunigt bzw. verstärkt werden.

Ferner wirken beim Auftreten von Residuen unphysiologische Zugkräfte auf die Lungen, die zu Verziehungen des Lungenparenchyms und damit zu Einengungen der Bronchiallumina führen können.

Der bei der Resektion entstehende Volumenverlust wird durch die Ausdehnung der Restlunge ausgeglichen; es entwickelt sich jedoch nicht obligat ein Emphysem mit entsprechendem Elastizitätsverlust des Lungengewebes (BLOEDNER).

Eine Beziehung zwischen der Höhe der Resistance und dem Umfang der Resektion wurde nicht festgestellt. Bei den Patienten mit erhöhten Werten der Resistance (R größer als $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$) wurden im Mittel zwar 0,4 Segmente mehr reseziert als bei den Patienten, die normale Werte des bronchialen Strömungswiderstandes aufwiesen. Jedoch scheint nicht das Ausmaß des Parenchymverlustes, sondern das bei umfangreicheren Resektionen häufigere Auftreten von Residuen für die Höhe der Resistance mitverantwortlich zu sein.

Von den oben genannten Autoren untersuchte lediglich MLCZOCH das postoperative Verhalten des Atemwegwiderstandes. MLCZOCH

land bei seinem Kollektiv normale bis leicht erhöhte Werte des bronchialen Strömungswiderstandes. LEUPOLD beschreibt bei seinen Patienten einen Trend zu pathologischen Werten des Atemstoßtestes, die auf leichte obstruktive Veränderungen hinweisen.

5. Zusammenfassung

125 vorwiegend wegen Tuberkulose lungenteilresezierte Patienten wurden bis zu 15 Jahre postoperativ nachuntersucht. Dabei wurden bei 123 Patienten die Blutgaswerte (pO_2 , SAT, pCO_2 , pH) unter Ruhebedingungen, bei 120 Patienten die Ventilationsgrößen sowie die Resistance bestimmt. Die einzelnen Parameter wurden mit altersentsprechenden Normalwerten verglichen. Vergleiche mit praeoperativen Werten konnten nicht geführt werden, da zum damaligen Zeitpunkt (1959-1967) Blutgasbestimmungen sowie Analysen der Atemmechanik noch nicht routinemäßig praeoperativ durchgeführt wurden.

Die Blutgasanalysen erfolgten am COMBI-ANALYSATOR der Fa. Eschweiler, die ruhespirometrischen Untersuchungen am BODYPLETHYSMOGRAPH der Fa. Fenyves.

Dabei waren folgende Ergebnisse zu erkennen :

1. Der Mittelwert der arteriellen Sauerstoffspannung (pO_2) liegt zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung für das Gesamtkollektiv im Normbereich. Der Umfang des Parenchymverlustes macht sich erst bei einer Resektion von mehr als 3 Segmenten bemerkbar. Als entscheidender Faktor für das postoperative Verhalten des pO_2 wird das Alter zum Zeitpunkt der Operation

herausgestellt. Residuen wirken sich fördernd auf das Auftreten pathologischer Werte der Sauerstoffspannung aus.

2. Die arterielle Sauerstoffsättigung (SAT) ist im Durchschnitt der untersuchten Fälle unter die Normgrenze von 95% erniedrigt. Eine Abhängigkeit der SAT vom Umfang des Parenchymverlustes wurde nicht gefunden. Ausschlaggebend für die Höhe der SAT mehrere Jahre nach Lungenteilresektion ist das Alter zum Zeitpunkt der Operation. Pleuraresiduen begünstigen pathologische Werte der SAT.

3. Die arterielle Kohlendioxidspannung (pCO_2) ist bei den untersuchten Patienten im Mittel bis an die untere Normgrenze von 37 mm Hg erniedrigt. Die Atemfrequenz ist bei den Patienten mit erniedrigten Werten des pCO_2 ($n=56$) gegenüber den Patienten mit normalen Werten der Kohlendioxidspannung um 1,7 Atemzüge gesteigert. Das Ausmaß des Parenchymverlustes gewinnt erst bei einer Resektion von mehr als 4 Segmenten Einfluß auf die Höhe des pCO_2 mehrere Jahre nach der Operation. Die entscheidenden Faktoren für das postoperative Verhalten des pCO_2 sind Pleurasynechien sowie das Alter bei der Operation.

4. Der Blut-pH-Wert lag bei den 123 Patienten, bei denen Analysen der Blutgaswerte durchgeführt wurden, im Durchschnitt im Bereich der Norm (7,36-7,44). Es wurde weder eine Abhängigkeit des pH-Wertes mehrere Jahre nach der Operation vom Umfang des Parenchymverlustes, noch vom Alter bei der Operation, noch von der Höhe der Resistance oder vom Auftreten pleura-

ler Residuen gefunden.

5. Die Resistance (R) war im Mittel der 120 Fälle, bei denen ruhespirometrische Untersuchungen durchgeführt wurden, über den Grenzwert von $3,5 \frac{\text{cm H}_2\text{O}}{\text{l/sec}}$ erhöht. Ein Einfluß des Umfanges des Parenchymverlustes auf die Höhe der Resistance mehrere Jahre nach der Operation zeigte sich nicht. Entscheidend für die Höhe des bronchialen Strömungswiderstandes mehrere Jahre nach Lungenteilresektion ist das Alter zum Zeitpunkt der Operation. Pleurasynechien begünstigen das Auftreten pathologischer Werte der Resistance.

6. Literaturverzeichnis

1. Bloedner, C. D. : Das Verhalten der Ventilationsgrößen
10 - 15 Jahre nach Lungenteilresektion. Praxis der
Pneumologie 6: 268 (1981)
2. Bloedner, C. D. : Das Verhalten ventilatorischer Atem-
größen nach Resektionsbehandlung (Segmentresektion
und Lobektomie). Der Tuberkulosearzt 10: 626 (1963)
3. Bloedner, C. D. : Ergebnisse der Lungenfunktion ein
Jahr nach Pneumektomie wegen Tuberkulose. Dt. med.
Journal 4: 174 (1957)
4. Bloedner, C. D. : Berufliche Tätigkeit nach Lungen-
teilresektion. Praxis der Pneumologie 7: 396 (1965)
5. Bühlmann, A. A., Froesch, E. R. : Pathophysiologie.
Heidelberger Taschenbücher (1976)
6. Cuoto, A. R., Arzt, G. H. : Betrachtung über die öko-
nomische Teilresektion (sog. Resektion über die Klem-
me) unter Berücksichtigung unmittelbarer funktionel-
ler Ergebnisse. Beitr. Klin. Tuberk. Bd. 139: 29 (1969)
7. Daum, S. : Adaptation des kleinen Kreislaufes und des
Gasaustausches nach der Lungenresektion. Pneumologie
Bd. 147: 187 (1972)
8. Hartel, W., Hedding, W., Faist, E., Frößler, H. : Patho-
physiologie der Lungenresektion. MMW 39: 1253 (1978)
9. Islam, M. S., Buckup, K., Ulmer, W. T. : Altersabhängig-
keit der mechanischen Eigenschaften der Lunge.
DMW 38: 1482 (1978)

10. Knipping, H. W., Bolt, W., Valentin, H., Venrath, H. :
Normale und pathologische Physiologie der Atmung.
Handbuch der Thoraxchirurgie Bd. 1: 200, Springer
(1958)
11. Leupold, W., Berger, G., Gottschalk, B. : Spätergebnisse nach Lungenresektion im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung funktioneller Befunde.
Dt. Ges.wesen 29: 1457 (1974)
12. Maurath, J. : Pathophysiologie der Atmung in der Lungenchirurgie. Thieme (1955)
13. Mlczoch, J., Zutter, W., Keller, R., Herzog, H. :
Influence of Lung Resection on Pulmonary Circulation
and Lung Function at Rest and on Exercise.
Respiration 32: 424 (1975)
14. Nolte, D. : Zur Altersabhängigkeit des bronchialen Strömungswiderstandes und des intrathorakalen Gasvolumens. Beitr. Klin. Tuberk. Bd. 139: 80 (1969)
15. Otto, H.-S., Freise, G. : Das kongenitale Emphysem.
Med. Welt 5: 179 (1970)
16. Schmidt, R. F., Thews, G. : Physiologie des Menschen.
Springer (1977)
17. Siegenthaler, W. : Klinische Pathophysiologie.
Thieme (1979)
18. Schettler, G. : Innere Medizin Bd. 2. Thieme Tb. (1980)
19. Thomae : Tafeln zur Lungenfunktionsprüfung.
20. Ulmer, W. T., Reichel, G., Nolte, D. : Die Lungenfunktion. Thieme (1976)

21. Valentin, H. : Lungenfunktionsprüfung bei Lungentuberkulose. Med. Welt 29: 1630 (1965)
22. Vogt - Moykopf, I. : Spätfolgen nach Lungenresektion. Dt. Ärzteblatt 40: 2851 (1974)
23. Wassner, U.-J. : Lungen - Resektion: Wie hoch ist danach die Lebenserwartung? Selecta 16: 1606 (1980)
24. Zimmermann, W. E., Hirschauer, M. : Unterschiede der Lungenfunktion vor und nach Resektion wegen neoplastischer und entzündlicher Lungeninfiltration. Pneumologie 147: 205 (1972)

Besonderen Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. Dr.
C. D. Bloedner für die Überlassung des Themas
und für die stets freundliche und geduldige
Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit.

Ferner gilt mein Dank Herrn Dr. H. Prestele
vom Institut für Medizinische Statistik
und Biomathematik für seine Hilfsbereitschaft
und Beratung bei allen statistischen Pro-
blemen.

Lebenslauf

Am 29. November 1957 wurde ich als erstes von drei Kindern des Handelsvertreters Werner Dreyer und seiner Ehefrau Jutta, geb. Henninges, in Rahden geboren.

Im April 1964 wurde ich in die Volksschule Espelkamp eingeschult und besuchte ab Juli 1964 die Volksschule Neckarelz. Im August 1967 trat ich in das Söderblom-Gymnasium in Espelkamp über. Im September 1967 wechselte ich auf das Clavius-Gymnasium in Bamberg, wo ich 1977 das Abitur ablegte.

Im Wintersemester 1977/78 nahm ich das Studium der Medizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg auf. Die Ärztliche Vorprüfung absolvierte ich im August 1979. Nach Bestehen des ersten und zweiten Teils der Ärztlichen Prüfung (August 1980 und August 1982) legte ich im Oktober/November 1983 deren 3. Abschnitt erfolgreich ab.

Seit dem 01.01.84 arbeite ich als Assistenzarzt in der I. Chirurgischen Abteilung des Klinikums Bamberg.

Bamberg, 12.03.1984

Matthias Dreyer

Druck: Copy Center 2000
Obere Karlstraße 30
8520 Erlangen